

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**KLASIFIKASI JENIS POHON GAHARU BERDASARKAN  
TEKSTUR DAN BENTUK DAUN MENGGUNAKAN METODE  
ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
Teknik pada Jurusan Teknik Informatika

Oleh

**ADITYA PAM BUDHI**

**11451104750**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM  
RIAU PEKANBARU**

**2021**



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## LEMBAR PERSETUJUAN

### KLASIFIKASI JENIS POHON GAHARU BERDASARKAN TEKSTUR DAN BENTUK DAUN MENGGUNAKAN METODE *ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)*

#### TUGAS AKHIR

Oleh :

**ADITYA PAM BUDHI**

**11451104750**

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan tugas akhir

di Pekanbaru, pada tanggal 03 Februari 2021

Pembimbing I

**Suwanto Sanjaya, S.T., M.Kom.**

**NIP. 130 517 103**

Pembimbing II

**Muhammad Affandes, M.T**

**NIP. 19861206 201503 1 004**





Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## LEMBAR PENGESAHAN

### KLASIFIKASI JENIS POHON GAHARU BERDASARKAN TEKSTUR DAN BENTUK DAUN MENGGUNAKAN METODE *ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)*

#### TUGAS AKHIR

Oleh :

**ADITYA PAM BUDHI**

**11451104750**

Telah dipertahankan di depan sidang dewan penguji  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Informatika  
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau  
di Pekanbaru, pada tanggal 03 Februari 2021

Pekanbaru, 11 Februari 2021

Mengesahkan

Ketua Jurusan,

**Dr. Elin Haerani, S.T., M.Kom.**

NIP.19810523 200710 2 003

Dekan,

**Dr. Drs. Ahmad Darmawi, M.Ag.**

NIP. 19660604 199203 1 004

#### DEWAN PENGUJI

Ketua : Iwan Iskandar, S.T., M.T.  
Sekretaris : Suwanto Sanjaya, S.T., M.Kom.  
Pembimbing II : Muhammad Affandes, M.T.  
Penguji I : Febi Yanto, M.Kom.  
Penguji II : Fitri Insani, S.T., M.Kom.



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Pengandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman, dan tanggal pinjam.





**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan di dalam daftar pustaka.

Pekanbaru, 03 Februari 2021

Yang membuat pernyataan,

**ADITYA PAM BUDHI**

**11451104750**



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**Alhamdulillah Rabbil'alamiin**

Tidak ada kata yang bisa diucapkan selain rasa syukur kepada

**Allah 'Azza Wa Jalla**

Sholawat serta salam untuk baginda Rasulullah

**Muhammad Shalallahu 'Alaihi Wa Sallam**

Serta ucapkan terimakasih kepada ayah dan ibu tercinta atas seluruh usaha dan kesabarannya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan

Kupersembahkan karya sederhana ini untuk

**Ayahanda Sukiyo dan Ibunda Nina Octavia Roza**

Yang dengan segala usaha dan pengorbanannya telah sabar menunggu dan terus mendukung, serta untuk

**Keluarga, Partner serta orang-orang selalu mendukung penulis**

Semoga semuanya dapat menjadi amal baik dan diberikan jalan yang penuh berkah Aamiin Allahumma Aamiin.

# KLASIFIKASI JENIS POHON GAHARU BERDASARKAN TEKSTUR DAN BENTUK DAUN MENGGUNAKAN METODE ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)

**ADITYA PAM BUDHI**

**11451104750**

Jurusan Teknik Informatika

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

## **ABSTRAK**

Gaharu memiliki potensi dan nilai komersial yang tinggi dalam kehidupan masyarakat. Riau memiliki 6 jenis kayu gaharu dan 4 jenis gaharu yang diteliti pada penelitian ini yaitu, gaharu *crassna*, *microcarpa*, *sinensis* dan *subintegra*. Penelitian ini mengklasifikasikan jenis pohon gaharu menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Infernce System* (ANFIS). Penerapan 5 fitur *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) dalam pengenalan tekstur dan 6 fitur morfologi digital untuk mengenali bentuk daun dengan 11 fitur tersebut dijadikan *input* pada ANFIS. Data citra daun yang digunakan sebanyak 200 data yang terdiri dari 4 jenis gaharu. Pengujian dilakukan dengan *confusion matrix* dengan *split* data uji 10%, 20%, 30%, 40%, 50% terhadap jumlah *epoch* 10, 30 dan 50. Akurasi tertinggi pada *split* data uji 10% dengan *epoch* 50 menghasilkan akurasi sebesar 90%, sedangkan akurasi terendah pada *split* data uji 50% dengan *epoch* 10 menghasilkan akurasi sebesar 50%. Rata-rata akurasi tertinggi diperoleh pada pengujian *epoch* ke-50 dengan pembagian data yang berbeda menghasilkan akurasi sebesar 75,6%. Nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) akan semakin mengecil sesuai dengan besarnya jumlah *epoch*. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa metode ANFIS, GLCM dan fitur morfologi digital dapat digunakan untuk klasifikasi jenis gaharu berdasarkan daunnya dan menghasilkan tingkat akurasi yang baik.

**Kata Kunci :** ANFIS, Morfologi, Gaharu, GLCM, Klasifikasi

# CLASSIFICATION OF ALOE TREE SPECIES BASED ON LEAF TEXTURE AND SHAPE USING ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS) METHOD

**ADITYA PAM BUDHI**

**11451104750**

Informatics Engineering Department

Faculty of Science dan Technology

Sultan Syarif Kasim State Islamic University of Riau

## ***ABSTRACT***

*Aloes have high commercial potential and value in people's lives. Riau has 6 types of aloe wood and 4 types of aloes studied in this study, namely, aloes crassna, microcarpa, sinensis and subintegra. This study classified aloe tree species using Adaptive Neuro Fuzzy Infernce System (ANFIS) method. Application of 5 features gray level co-occurrence Matrix (GLCM) in texture recognition and 6 digital morphology features to recognize leaf shape with 11 features are used as input in ANFIS. Leaf image data used as much as 200 data consisting of 4 types of aloes. Testing is done by confusion matrix with split test data of 10%, 20%, 30%, 40%, 50% against the number of epochs 10, 30 and 50. The highest accuracy in split test data is 10% with epoch 50 resulting in 90% accuracy, while the lowest accuracy in split test data is 50% with epoch 10 resulting in 50% accuracy. The highest average accuracy was obtained in the 50th epoch test with different data sharing resulting in an accuracy of 75.6%. The Root Mean Square Error (RMSE) value will be reduced according to the amount of epoch. Based on the test results, it can be concluded that ANFIS, GLCM and digital morphology features can be used for classification of aloe species based on their leaves and produce a good degree of accuracy.*

**Kata Kunci :** ANFIS, Morfologi, Gaharu, GLCM, Klasifikasi





## KATA PENGANTAR



*Assalammu 'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.*

*Alhamdulillahirobbil 'alamin* puji dan syukur atas rahmat dan hidayah Allah azza wa jalla sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Klasifikasi Jenis Pohon Gaharu Berdasarkan Tekstur Dan Bentuk Daun Menggunakan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)”**. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Selama penyusunan tugas akhir, penulis banyak mendapat pengetahuan, dukungan, dan arahan dari berbagai pihak yang telah membantu hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Suyitno, M.Ag, selaku Plt. Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
2. Bapak Dr. Drs. Ahmad Darmawi, M.Ag, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
3. Bapak Dr. Elin Haerani, S.T., M.Kom, selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Ibu Fadilla Syafria, S.T., M.Kom, CIBIA., selaku Koordinator Tugas Akhir dan dosen Pembimbing Akademik.
5. Bapak Iwan Iskandar, S.T., M.T., selaku Ketua Sidang Tugas Akhir.
6. Bapak Suwanto Sanjaya, S.T., M.Kom., selaku Pembimbing I Tugas Akhir.
7. Bapak Muhammad Affandes, M.T., selaku Pembimbing II Tugas Akhir.
8. Bapak Febi Yanto, M.Kom., selaku penguji I Tugas Akhir.
9. Ibu Fitri Insani, S.T., M.Kom., selaku penguji II Tugas Akhir.
10. Seluruh Bapak dan Ibu dosen yang mengajar di Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

11. Kedua orang tua penulis, Alm.Ayahanda Sukiyo dan Ibunda Nina Octavia Roza yang selalu menjadi penyemangat penulis dalam menyelesaikan laporan ini.
12. Teman-teman TIF-E 2014 yang sama-sama berjuang dalam menyusun tugas akhir.
13. Semua pihak yang terlibat, langsung maupun tidak langsung dalam pelaksanaan tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Dalam penyusunan tugas akhir penulis menyadari masih banyak kekurangan, oleh sebab itu penulis menerima kritik dan saran yang diberikan pembaca agar tugas akhir ini dapat menjadi lebih baik, akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

*Wassalamu 'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.*

Pekanbaru, 03 Februari 2021

Penulis



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta dilindungi Undang-Undang  
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xix</b>
<b>DAFTAR SIMBOL .....</b>	<b>xx</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>I-1</b>
1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.2 Rumusan Masalah .....	I-4
1.3 Tujuan Penelitian .....	I-4
1.4 Batasan Masalah .....	I-5
1.5 Sistematika Penulisan .....	I-5
<b>BAB II LANDASAN TEORI .....</b>	<b>II-1</b>
2.1 Gaharu .....	II-1
2.1.1 Gaharu Microcarpa .....	II-2
2.1.2 Gaharu Sinensis .....	II-2
2.1.3 Gaharu <i>Crassna</i> .....	II-3
2.1.4 Gaharu Subintegra .....	II-4
2.2 Pengolahan Citra Digital .....	II-4
2.3 GLCM (Gray Level Co-occurrence Matrix) .....	II-6
2.4 Fitur Morfologi Digital .....	II-8
2.5 Jaringan Syaraf Tiruan .....	II-10
2.6 Logika <i>Fuzzy</i> .....	II-10
2.3.1 FIS (Fuzzy Inference System) .....	II-11
2.3.2 GMP (Generalized Modus Ponens) .....	II-11



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.3.3	GMT (Generalized Modus Tollens) .....	II-11
2.3.4	Fungsi Keanggotaan Logika <i>Fuzzy</i> .....	II-12
2.3.1	Subtractive Clustering .....	II-13
2.7	ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) .....	II-16
2.4.1	Pembelajaran pada ANFIS .....	II-19
2.4.2	Pengujian pada ANFIS .....	II-22
2.8	Normalisasi Data .....	II-23
2.9	Pengukuran Akurasi .....	II-23
2.10	Penelitian Terkait .....	II-24
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>III-1</b>
3.1	Identifikasi Masalah .....	III-2
3.2	Studi Pustaka .....	III-2
3.3	Pengumpulan Data .....	III-2
3.4	Analisa dan perancangan .....	III-3
3.4.1	Analisa .....	III-3
3.4.2	Perancangan .....	III-6
3.5	Implementasi dan pengujian .....	III-6
3.5.1	Implementasi .....	III-6
3.5.2	Pengujian .....	III-7
3.6	Kesimpulan dan saran .....	III-8
<b>BAB IV ANALISA DAN PERANCANGAN .....</b>		<b>IV-1</b>
4.1	Analisa .....	IV-1
4.1.1	Analisa Kebutuhan Data .....	IV-1
4.1.2	Analisa Proses .....	IV-1
4.1.3	Klasifikasi .....	IV-26
4.2	Analisa Sistem .....	IV-59
4.2.1	<i>Use case diagram</i> .....	IV-59
4.2.2	<i>Sequence Diagram</i> .....	IV-61
4.2.3	<i>Class Diagram</i> .....	IV-62
4.3	Perancangan .....	IV-62
4.3.1	Perancangan basis data ( <i>database</i> ) .....	IV-62
4.3.2	Perancangan Antar Muka ( <i>Interface</i> ) Aplikasi .....	IV-64
<b>BAB V IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN .....</b>		<b>V-1</b>
5.1	Implementasi .....	V-1

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

5.1.1	Lingkungan Implementasi.....	V-1
5.1.2	Batasan Implementasi.....	V-1
5.1.3	Implementasi Antar Muka ( <i>Interface</i> ).....	V-2
5.2	Pengujian.....	V-2
5.2.1	Pengujian Algoritma.....	V-2
5.2.2	Pengujian Akurasi .....	V-5
5.2.3	Pengujian Maksimal <i>Epoch</i> .....	V-23
5.2.4	Pengujian <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE) .....	V-26

## **BAB VI PENUTUP ..... VI-1**

6.1	Kesimpulan .....	VI-1
6.2	Saran.....	VI-1

## **DAFTAR PUSTAKA ..... xxii**

## **LAMPIRAN**

## **DAFTAR RIWAYAT HIDUP**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Daun Gaharu <i>Microcarpa</i> .....	II-2
2.2 Daun Gaharu <i>Sinensis</i> .....	II-3
2.3 Sketsa Daun Gaharu <i>Crassna</i> .....	II-3
2.4 Daun Gaharu <i>Subintegra</i> .....	II-4
2.5 Kurva Fungsi Keanggotaan <i>Gaussian</i> .....	II-13
2.6 Arsitektur ANFIS .....	II-17
2.7 Diagram Langkah <i>Backward</i> pada ANFIS .....	II-19
3.1 Metodologi Penelitian .....	III-1
4.1 Analisa Proses Klasifikasi Daun Gaharu .....	IV-2
4.2 Citra Awal Daun Gaharu <i>Crassna</i> .....	IV-3
4.3 Citra Daun Gaharu <i>Crassna</i> Setelah <i>Cropping</i> .....	IV-4
4.4 Transformasi Citra RGB ke Citra <i>Grayscale</i> .....	IV-7
4.5 Transformasi Citra <i>Grayscale</i> ke Citra Biner .....	IV-9
4.6 Flowchart Ekstraksi Fitur GLCM .....	IV-10
4.7 Arah Orientasi Sudut Matriks Kookurensi .....	IV-11
4.8 Contoh Matriks Asal .....	IV-11
4.9 Contoh Area Kerja Matriks .....	IV-12
4.10 Pembentukan Matriks Kookurensi Sudut $0^\circ$ .....	IV-12
4.11 <i>Flowchart</i> Fitur Morfologi Digital .....	IV-21
4.13 Proses Pelatihan pada ANFIS .....	IV-27
4.14 Proses Pengujian pada ANFIS .....	IV-29
4.15 <i>Subtractive Clustering</i> .....	IV-31
4.16 Arsitektur Jaringan ANFIS .....	IV-37
4.17 <i>Use case</i> Diagram .....	IV-60
4.18 Sequence Login .....	IV-61
4.19 <i>Class</i> Diagram Klasifikasi Daun Gaharu .....	IV-62
4.20 Rancangan Halaman Utama .....	IV-64
5.1 <i>Interface</i> Halaman Utama .....	V-2
5.2 Pembagian Data Uji 10% dengan 10 <i>Epoch</i> .....	V-6
5.3 Pembagian Data Uji 20% dengan 10 <i>Epoch</i> .....	V-7
5.4 Pembagian Data Uji 30% dengan 10 <i>Epoch</i> .....	V-8
5.5 Pembagian Data Uji 40% dengan 10 <i>Epoch</i> .....	V-9





## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

5.6 Pembagian Data Uji 50% dengan 10 Epoch .....	V-10
5.7 Pembagian Data Uji 10% dengan 30 Epoch .....	V-11
5.8 Pembagian Data Uji 20% dengan 30 Epoch .....	V-12
5.9 Pembagian Data Uji 30% dengan 30 Epoch .....	V-13
5.10 Pembagian Data Uji 40% dengan 30 Epoch .....	V-14
5.11 Pembagian Data Uji 50% dengan 30 Epoch .....	V-15
5.12 Pembagian Data Uji 10% dengan 50 Epoch .....	V-16
5.13 Pembagian Data Uji 20% dengan 50 Epoch .....	V-17
5.14 Pembagian Data Uji 30% dengan 50 Epoch .....	V-18
5.15 Pembagian Data Uji 40% dengan 50 Epoch .....	V-19
5.16 Pembagian Data Uji 50% dengan 50 Epoch .....	V-20
5.17 Grafik Hasil Pengujian Akurasi .....	V-21
5.18 Cacat pada Citra Daun .....	V-22
5.19 Hasil Akurasi Epoch ke-60 .....	V-23
5.20 Hasil Akurasi Epoch ke-60 .....	V-24
5.21 Hasil Akurasi Epoch ke-100 .....	V-24
5.22 Hasil Akurasi Epoch ke-200 .....	V-25
5.23 Hasil Akurasi Epoch ke-500 .....	V-25
5.24 Grafik RMSE dengan 10 Epoch dengan Data Uji 10% .....	V-26
5.25 Grafik RMSE dengan 30 Epoch dengan Data Uji 10% .....	V-27
5.26 Grafik RMSE dengan 50 Epoch dengan Data Uji 10% .....	V-27
5.27 Grafik RMSE dengan 500 Epoch dengan Data Uji 10% .....	V-28
5.28 Grafik RMSE dengan 750 Epoch dengan Data Uji 10% .....	V-28
5.29 Grafik RMSE dengan 977 Epoch dengan Data Uji 10% .....	V-29
5.30 Grafik RMSE dengan 1000 Epoch dengan Data Uji 10% .....	V-29
A.1 Sequence diagram unggah citra .....	A-1
A.2 Sequence Diagram Melihat Data Fitur Ekstraksi .....	A-2
A.3 Sequence Diagram Melihat Data Citra yang dikonversi .....	A-2
A.4 Sequence Diagram Mengunduh Citra .....	A-3
A.5 Sequence Diagram Pelatihan .....	A-3
A.6 Sequence Diagram Pengujian Data .....	A-4
B.1 Unggah Citra .....	B-1
B.2 Halaman Login .....	B-2
B.3 Halaman Dashboard .....	B-2



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

B.4 Halaman Datasets .....	B-3
B.5 Halaman Pelatihan.....	B-3
B.6 Halaman Pengujian.....	B-4
B.7 Halaman Unduh Citra.....	B-4
C.1 Halaman <i>Login</i> .....	C-1
C.2 Halaman <i>Dashboard</i> .....	C-1
C.3 Halaman Datasets .....	C-2
C.4 Halaman Data Model.....	C-2
C.5 Halaman Pelatihan.....	C-3
C.6.1 Halaman Pengujian memilih Data Model .....	C-3
C.6.2 Halaman Pengujian memilih Citra Daun.....	C-4
C.6.3 Halaman Pengujian menampilkan Hasil Pengujian .....	C-4
C.7 Halaman Unggah Citra .....	C-5
C.8 Halaman Unduh Citra.....	C-5



## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.2 Confusion matrix.....	II-23
2.3 Penelitian Terkait .....	II-24
4.1 Nilai Piksel <i>Red</i> .....	IV-4
4.2 Nilai Piksel <i>Green</i> .....	IV-5
4.3 Nilai Piksel <i>Blue</i> .....	IV-6
4.4 Nilai Piksel <i>Grayscale</i> .....	IV-6
4.5 Nilai Piksel Citra Biner .....	IV-8
4.6 Matriks Kookurensi Sudut $0^{\circ}$ dan jarak 1 .....	IV-12
4.7 Matriks Kookurensi Sudut $45^{\circ}$ dan jarak 1 .....	IV-13
4.8 Matriks Kookurensi Sudut $90^{\circ}$ dan jarak 1 .....	IV-14
4.9 Matriks Kookurensi Sudut $135^{\circ}$ dan jarak 1 .....	IV-14
4.10 Matriks Normalisasi GLCM Sudut $0^{\circ}$ .....	IV-15
4.11 Matriks Normalisasi GLCM Sudut $45^{\circ}$ .....	IV-16
4.12 Matriks Normalisasi GLCM Sudut $90^{\circ}$ .....	IV-16
4.13 Matriks Normalisasi GLCM Sudut $135^{\circ}$ .....	IV-16
4.14 Matriks GLCM.....	IV-18
4.15 Nilai Ciri Dasar Fitur Morfologi .....	IV-22
4.16 Nilai fitur sebelum normalisasi .....	IV-24
4.17 Nilai Minimum dan Maksimum Fitur Morfologi dan GLCM .....	IV-24
4.18 Nilai Fitur Setelah Normalisasi.....	IV-25
4.19 Data Latih.....	IV-28
4.20 Data Uji .....	IV-30
4.21 Data Latih beserta kelas ke-1 .....	IV-32
4.22 Nilai $X_1$ .....	IV-32
4.24 hasil perhitungan pada $X_1 - X_j$ .....	IV-33
4.25 Nilai <i>Potential Value</i> .....	IV-33
4.26 Nilai <i>Center Cluster</i> ke-1 .....	IV-34
4.27 Nilai $X_i$ dan $X_j$ baru .....	IV-34
4.28 Nilai revisi <i>potential value</i> .....	IV-35
4.29 Nilai <i>center cluster</i> .....	IV-36
4.30 Hasil Perhitungan <i>Layer</i> 1.....	IV-39
4.31 Hasil Perhitungan <i>Layer</i> 2.....	IV-40





Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

4.32 Hasil Perhitungan <i>Layer</i> 3.....	IV-41
4.33 Parameter Konsekuen ( <i>o, p, q, r, s, t, u, v, w, x, y, z</i> ).....	IV-42
4.34 Nilai <i>f</i> .....	IV-43
4.35 Hasil Perhitungan <i>Layer</i> 4.....	IV-43
4.36 Hasil Perhitungan <i>Layer</i> 5.....	IV-44
4.37 <i>Error Layer</i> 5 .....	IV-45
4.38 Hasil Perhitungan <i>Error Layer</i> 4.....	IV-45
4.39 Hasil Perhitungan <i>Error Layer</i> 3.....	IV-46
4.40 <i>Error Layer</i> 2 .....	IV-47
4.41 <i>Error Layer</i> 1 .....	IV-47
4.42 Nilai Turunan <i>Gaussian error</i> parameter $\sigma$ .....	IV-49
4.43 Nilai Turunan <i>Gaussian error</i> parameter <i>c</i> .....	IV-50
4.44 Nilai Turunan <i>Gaussian</i> Parameter $\sigma$ dan <i>c</i> .....	IV-51
4.45 Nilai Parameter $\sigma$ dan <i>c</i> baru .....	IV-53
4.46 Hasil Perhitungan <i>Layer</i> 1 Pengujian ANFIS .....	IV-55
4.47 Hasil Perhitungan <i>Layer</i> 2 Pengujian ANFIS .....	IV-56
4.48 Hasil Perhitungan <i>Layer</i> 3 Pengujian ANFIS .....	IV-57
4.49 Hasil Perhitungan <i>Layer</i> 4 Pengujian ANFIS .....	IV-57
4.50 Hasil Perhitungan <i>Layer</i> 5 Pengujian ANFIS .....	IV-58
4.51 Deskripsi <i>Use Case</i> .....	IV-60
4.52 Deskripsi Tabel User.....	IV-62
4.53 Deskripsi Tabel Models .....	IV-63
4.54 Deskripsi Tabel Datasets.....	IV-63
5.1 Pengujian Algoritma .....	V-3
5.2 Hasil Pengujian Data Uji 10% dengan 10 <i>Epoch</i> .....	V-6
5.3 Jumlah benar dan salah 20% data uji dengan 10 <i>Epoch</i> .....	V-7
5.3 Jumlah benar dan salah 30% data uji dengan 10 <i>Epoch</i> .....	V-8
5.4 Jumlah Benar dan 40% Data Uji dengan 10 <i>Epoch</i> .....	V-9
5.5 Jumlah Benar dan Salah 50% Data Uji dengan 10 <i>Epoch</i> .....	V-10
5.6 Hasil Pengujian Data Uji 10% dengan 30 <i>Epoch</i> .....	V-11
5.7 Jumlah Benar dan Salah 20% Data Uji dengan 30 <i>Epoch</i> .....	V-12
5.8 Jumlah Benar dan Salah 30% Data Uji dengan 30 <i>Epoch</i> .....	V-13
5.9 Jumlah Benar dan Salah 40% Data Uji dengan 30 <i>Epoch</i> .....	V-14
5.10 Jumlah Benar dan Salah 50% Data Uji dengan 30 <i>Epoch</i> .....	V-15

5.11 Hasil Pengujian 10% Data Uji dengan 50 <i>Epoch</i> .....	V-16
5.12 Jumlah Benar dan Salah 20% Data Uji dengan 50 <i>Epoch</i> .....	V-17
5.13 Jumlah Benar dan Salah 30% Data Uji dengan 50 <i>Epoch</i> .....	V-18
5.14 Jumlah Benar dan Salah 40% Data Uji dengan 50 <i>Epoch</i> .....	V-19
5.15 Jumlah Benar dan Salah 40% Data Uji dengan 50 <i>Epoch</i> .....	V-20
5.16 Rangkuman Hasil Pengujian .....	V-21





**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>Halaman</b>
A SEQUENCE DIAGRAM .....	A-1
B PERANCANGAN INTERFACE .....	B-1
C IMPLEMENTASI SISTEM .....	C-1







Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau




1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## DAFTAR SIMBOL

	<i>Flow Direction</i> Menghubungkan simbol yang satu dengan simbol yang lain.
	<i>Terminator</i> Simbol permulaan ( <i>start</i> ) atau akhir ( <i>end</i> ) dari suatu kegiatan.
	<i>Process</i> Menyatakan suatu tindakan (proses) baik yang dilakukan oleh <i>user</i> atau komputer.
	<i>Decision</i> Menunjukkan suatu kondisi tertentu yang menghasilkan jawaban ya atau tidak.
	<i>Input/Output</i> Menyatakan proses <i>input</i> atau <i>output</i> tanpa tergantung jenis peralatan.
	<i>Actor</i> Simbol orang atau stakeholder yang berinteraksi dengan sistem.
	<i>Use Case</i> Simbol pekerjaan dalam sistem.
	<i>Relationship</i> Simbol yang menghubungkan aktor dan use case.
	<i>Entity</i> Simbol yang menggambarkan tabel.
	<i>Boundary</i> Simbol yang digunakan untuk menggambarkan form.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

	<i>Control</i> Simbol yang digunakan menghubungkan boundary dengan tabel.
	<i>Lifeline</i> Simbol yang merupakan tanda mulai dan selesainya sebuah pesan.
	<i>Message</i> Simbol yang digunakan untuk mengirimkan pesan.

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki lahan daerah hutan sebesar 62% yang dijadikan sumber daya alam. Dalam kawasan hutan, dijumpai sekitar 30.000-40.000 jenis tumbuhan penghasil kayu dan belum terhitung potensi tumbuhan Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK). Salah satu kelompok jenis tumbuhan HHBK yang telah diketahui memiliki potensi dan memiliki nilai komersial tinggi dalam kehidupan masyarakat yaitu Gaharu (Sumarna, 2013). Gaharu menjadi bahan dasar wewangian (parfum), kosmetika, minuman, serta menjadi obat herbal. Sekarang gaharu sudah sangat jarang ditemukan tumbuh alami untuk dipanen manfaatnya. Waktu yang dibutuhkan untuk memanen gaharu yang tumbuh alami sekitar 10 tahun atau lebih. Teknik rekayasa gaharu seperti suntik, infus, sumpit, tusuk satai telah menjadi suatu inovasi bagi petani. Petani gaharu dapat memanen gaharu tanpa harus menunggu lama (Dwi Setyaningrum & Saparinto, 2014).

Jenis kayu gaharu yang terdata sampai saat ini memiliki 7 keluarga *thymeleaceae* genus yang terdiri dari *aquilaria*, *gonystylus*, *aetoxylon*, *enkleia*, *wilstroemia*, dan *gyrinops*. Gaharu memiliki 29 jenis yang terdapat ke dalam 7 genus tersebut. Riau memiliki 6 jenis kayu gaharu yaitu, Gaharu *Microcarpa*, *Sinensis*, *Beccariana* (candan gajah), *Crassna*, *Gyrinops*, dan *Subintegra* (Ismail, Jusoh, & Sajap, 2018).

Menurut *General Manager* Gaharu Plaza Indonesia kayu gaharu dapat dikenali melalui daun, buah dan batangnya. Karakteristik struktural daun menjadi ciri yang dapat membedakan jenis gaharu. Klasifikasi tumbuhan penghasil kayu atau HHBK berdasarkan daun dapat dilakukan berdasarkan morfologi daun dan tekstur yang dapat diamati atau diukur. Menurut (Tjitrosoepomo, 1996) ciri tekstur yang dimaksud adalah bentuk dan susunan tulang-tulangnya.

Menurut (Lianton, 2016) metode pengolahan citra digital dapat digunakan untuk mengidentifikasi struktural daun agar kemudian dapat diklasifikasikan.





#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Daun dari setiap jenis gaharu memiliki morfologi bentuk yang berbeda-beda. Hasil wawancara yang dilakukan dengan *general manager* gaharu plaza indonesia menyimpulkan bahwa hal tersebut mengakibatkan beberapa kendala dalam mengenali jenis gaharu berdasarkan daunnya. Kendala ini sering terjadi bagi calon pengusaha yang ingin mengembangkan bisnis gaharu, kemungkinan terjadinya penipuan saat pembelian bibit (anakan gaharu) bukan suatu hal mengejutkan karena banyaknya calon pengusaha gaharu belum mengenal jenis-jenis dari gaharu. Adapun wawancara yang dilakukan kepada mahasiswa kehutanan universitas lancang kuning mengenai pohon gaharu. Mahasiswa yang bersangkutan tidak dapat memberikan informasi mengenai gaharu dikarenakan kurangnya pengetahuan terhadap gaharu.

Berdasarkan kendala-kendala tersebut, maka dibutuhkan sebuah klasifikasi yang dapat digunakan untuk mengenali jenis gaharu berdasarkan daunnya. Klasifikasi dapat membantu mahasiswa kehutanan/pertanian atau calon pengusaha gaharu agar dapat mengetahui maupun mengenali jenis gaharu sendiri dan tidak mengalami kerugian ketika membeli bibit gaharu. Salah satu bidang ilmu yang diterapkan untuk mengenali suatu pola dengan pola lainnya adalah pengolahan citra digital (Sitorus & Syahriol, 2006). Selain itu juga diperlukan ilmu jaringan saraf tiruan untuk mempelajari atau melakukan pendekatan pada pola dengan menerapkan metode neural network (Wiharjo, 2010).

Beberapa penelitian mengenai klasifikasi daun dengan menggunakan pengolahan citra digital telah dilakukan sebelumnya dengan objek dan menggunakan metode yang berbeda. Salah satunya penelitian yang dilakukan oleh (Syahid, Jumadi, & Nursantika, 2016) dengan mengklasifikasi tanaman hias daun philodendron. Peneliti menggunakan metode *K-Nearest Neighbor* (K-NN) dan ekstraksi fitur warna *Hue, Saturation, Value* (HSV). Berdasarkan hasil uji coba yang dilakukan, nilai akurasi yang didapat adalah 92%. Penelitian lain dilakukan oleh (Agmalaro, Kustiyo, & Akbar, 2013) mengenai identifikasi tanaman buah tropika. Peneliti menggunakan fitur ekstraksi *Grey Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) dan proses identifikasi menggunakan metode *JST Backpropagation*.



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Secara keseluruhan, pengujian dengan menggunakan 7 *hidden neuron* menghasilkan nilai akurasi sebesar 90%.

Klasifikasi daun gaharu dilakukan berdasarkan morfologi daun dan tekstur yang dapat diamati atau diukur. GLCM merupakan suatu proses analisis yang dilakukan terhadap piksel dan mempresentasikan tingkat keabuan yang sering terjadi. Sedangkan ekstraksi fitur morfologi pada daun merupakan proses untuk mengetahui bentuk ukuran yang dapat diamati. Beberapa penelitian terdahulu yang mengidentifikasi tumbuhan berdasarkan daun telah menggunakan GLCM sebagai ekstraksi fitur tekstur. Penelitian menggunakan GLCM yang dilakukan oleh (Widyaningsih, 2017) dalam mengidentifikasi kematangan buah apel. Dalam penelitian ini menghasilkan informasi semua data dapat dikenali. Penelitian lain yang dilakukan oleh (Kasim & Harjoko, 2014) dalam mengklasifikasikan citra batik. Klasifikasi batik dilakukan dengan ekstraksi GLCM. Berdasarkan penelitian tersebut mendapatkan hasil akurasi dalam 2 kelas non geometri sebesar 97,5% dan geometri sebesar 100%. Penelitian serupa dilakukan oleh (Dewi & Ginardi, 2014) untuk mengidentifikasi penyakit daun tebu. Penelitian ini menggunakan ekstraksi fitur GLCM, ekstraksi fitur warna dengan *color moments*, dan menggunakan metode klasifikasi SVM. Pengujian yang dilakukan dengan kombinasi GLCM bersama fitur warna dengan *color moments* mendapatkan hasil akurasi sebesar 97%.

Ekstraksi fitur morfologi digital digunakan pada daun bertujuan untuk mendapatkan nilai dari suatu bentuk. Menurut (WU et al., 2007) ciri fitur ekstraksi fitur morfologi pada daun dibedakan menjadi dua, yaitu ciri dasar dan ciri turunan. Ciri dasar dan ciri turunan tersebut menghasilkan sebuah nilai yang akan diolah kedalam metode klasifikasi. Nilai ciri dasar tersebut didapat dari hasil peninjauan panjang, lebar, diameter, perhitungan jumlah piksel tepi daun, dan perhitungan jumlah piksel daerah daun. Sedangkan ciri turunan didapat dari *aspect ratio*, *form factor*, *rectangularity*, *narrow factor*, *perimeter ratio of diameter*, dan *perimeter ratio of physiological length and width*. Kelebihan ekstraksi fitur morfologi digital yang digunakan pada daun ini dapat menghasilkan akurasi bentuk suatu daun



secara rinci. Ekstraksi fitur morfologi digital pada daun ini menjabarkan mulai dari ukuran daun, bentuk, hingga ke jumlah tulang daun.

Metode Klasifikasi *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) merupakan gabungan dari sistem logika *fuzzy* dan jaringan syaraf tiruan yang berdasar pada sistem *fuzzy* dan dilatih menggunakan algoritma pembelajaran yang diturunkan dari jaringan saraf tiruan. ANFIS memiliki kelebihan dalam melakukan prediksi berdasarkan data histori dari pembelajaran data serta pengambilan keputusan berdasarkan *rules* yang ditetapkan (Azizah, 2016). Adapun penelitian terkait yang dilakukan oleh (Amal, 2017) untuk identifikasi komponen kualitas beras dan memperoleh keberhasilan pengujian panjang butir beras sebesar 94,22%. Penelitian yang dilakukan (Wibowo, Hidayat, & Sunarya, 2016) untuk analisis pengenalan daging sapi dan daging babi. Ekstraksi fitur yang digunakan GLCM dan metode klasifikasi yang digunakan adalah ANFIS. Pada penelitian tersebut didapat akurasi yang baik dengan nilai sebesar 98,5%.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian tugas akhir ini akan dilakukan klasifikasi jenis gaharu berdasarkan daunnya dengan metode klasifikasi ANFIS, penelitian ini diterapkan kedalam pengolahan citra digital dengan menggunakan ekstraksi fitur tekstur GLCM dan fitur morfologi digital.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka didapatkan rumusan masalah yaitu “Bagaimana menerapkan metode ekstraksi fitur tekstur GLCM dan fitur morfologi digital serta metode ANFIS untuk melakukan klasifikasi pada pohon gaharu berdasarkan daun serta berapa tingkat akurasi yang dihasilkan ?”.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang ingin dicapai pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menerapkan fitur tekstur GLCM pada citra daun gaharu.
2. Menerapkan fitur morfologi digital pada citra daun gaharu.
3. Menerapkan ANFIS sebagai metode klasifikasi pada citra daun gaharu.



## 1.4 Batasan Masalah

Batasan yang diperlukan agar pembahasan tidak terlalu luas, maka dari itu penulis membatasi masalah sebagai berikut:

1. Klasifikasi hanya dilakukan pada 4 jenis daun gaharu yaitu Gaharu *Microcarpa* (Candan), Gaharu *Sinensis*, Gaharu *Crassna*, dan Gaharu *Subintegra*.
2. Parameter hasil ekstraksi fitur GLCM terdiri dari *Angular Second Moment* (ASM), *Contrast*, *Inverse Different Moment* (IDM), *Entropy* dan *Correlation*. Sedangkan fitur morfologi digital terdiri dari *aspect ratio*, *form factor*, *rectangularity*, *narrow factor*, *perimeter ratio of diameter*, dan *perimeter ratio of physiological lenght and physiological width*.
3. Citra daun gaharu adalah citra daun dengan latar belakang (*background*) putih dengan posisi vertikal atau memanjang keatas.
4. Citra daun gaharu yang digunakan adalah bagian belakang (punggung) daun gaharu.
5. Citra daun gaharu yang diambil tampak secara keseluruhan (ujung hingga pangkal daun).

## 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini dibagi menjadi beberapa bab yaitu:

### BAB I

#### PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan hal umum dari tugas akhir ini, yang terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

### BAB II

#### LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan tentang teori-teori yang mendukung topik penelitian tugas akhir ini. Teori tersebut yang berkaitan dengan



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

### BAB III

Gaharu, Pengolahan Citra Digital, Ekstraksi Fitur GLCM, Fitur Morfologi Digital, dan ANFIS.

## METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang tahapan proses penelitian tugas akhir yang dilakukan. Tahapannya yaitu identifikasi masalah, perumusan masalah, pengumpulan data, analisa dan perancangan, implementasi dan pengujian, serta kesimpulan dan saran.

### BAB IV

## ANALISA DAN PERANCANGAN

Bab ini menguraikan analisa metode yang digunakan dan perancangan sistem yang akan dibangun pada penelitian tugas akhir ini.

### BAB V

## IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Bab ini menjelaskan tentang hasil dari analisa dan perancangan yang di implementasikan ke dalam sistem untuk mendapatkan hasil akurasi dalam klasifikasi.

### BAB VI

## KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran agar penelitian yang dilakukan dapat dikembangkan menjad lebih baik.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Gaharu

Salah satu hasil hutan yang berperan sebagai sumber penghasilan masyarakat sekitar hutan adalah gaharu. Gaharu adalah sejenis kayu dengan berbagai bentuk dan warna yang khas, serta memiliki kandungan resin wangi, berasal dari bagian pohon penghasil gaharu yang tumbuh secara alami atau telah mati akibat suatu proses infeksi yang terjadi baik secara alami atau buatan pada pohon tersebut. Pada umumnya hal tersebut terjadi pada pohon gaharu dengan genus *aquilaria* sp. (Badan Standarisasi Nasional, 2011). Gaharu merupakan Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) dikarenakan gaharu menghasilkan sesuatu yang berpotensi memiliki nilai jual dari hasil sampingan sebuah pohon, misalnya resin, daun, buah dan kulit. HHBK telah lama menjadi komponen penting dalam kehidupan masyarakat. Gaharu dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar wewangian atau parfum, kosmetik, minuman herbal, dan juga obat-obat herbal (Barden, Noorainie Awang, Teresa, & Michael, 2000). Produksi gaharu untuk mendapatkan hasil yang maksimal membutuhkan waktu yang cukup lama. Hasil gaharu yang memiliki kualitas sangat baik menjadikan permintaan gaharu meningkat.

Pohon Gaharu adalah pohon yang dapat dijumpai di wilayah hutan Cina, daratan Indochina (Myanmar dan Thailand), Malay Peninsula (Malaysia, Brunei Darusalam, dan Filipina) dan Indonesia. Gaharu berasal dari bahasa Sansekerta, yaitu “aguru” yang memiliki arti kayu berat (tenggelam). Gaharu diartikan kayu berat karena itu adalah salah satu ciri khas yang membedakan gaharu dengan tanaman lainnya. Pohon Gaharu sering digunakan untuk wewangian dan upacara ritual keagamaan (Sumarna, 2007).

Gaharu di Indonesia tersebar ke beberapa wilayah seperti Sumatera, Kalimantan, Jawa sampai Papua. Saat ini gaharu diperkirakan terdapat 29 jenis tumbuhan penghasil kayu gaharu. Pohon penghasil gaharu berasal dari famili *thymeleaeceae* dengan jumlah 8 genus yaitu *Aquilaria*, *Wikstromia*, *Gonyistylus*, *Gyrinops*, *Dalbergia*, *Enkleia*, *Excoccaria*, dan *Aetoxylon* (Tarigan, 2004). Genus *Aquilaria* merupakan tanaman yang menjadi sumber utama penghasil gaharu, selain *Gyrinops* sp, *Gonystylus* sp, dan *Aetoxylonsympetallum* (Sumarna, 2002). Riau saat ini memiliki 6 jenis gaharu yaitu



Gaharu *Microcarpa*, *Sinensis*, *Beccariana* (candan gajah), *Crassna*, *Gyrinops*, dan *Subintegra*.

### 2.1.1 Gaharu *Microcarpa*

Gaharu jenis *microcarpa* memiliki nama daerah karas (Indonesia), mengkaras (Malay), hepang (Bangka), tengkaras, garutulang, (Madura), engkaras (Dayak), karas atau sigi-sigi (Bugis). Daunnya memiliki bentuk Daun bundar telur-lanset-lanset terbalik, tipis, ukuran 4-11 x 1-4 cm, ujung lancip-luncip, pangkal daun bentuk pasak-tirus, tepi rata dan menebal; warna hijau, permukaan atas licin, bawah kadang berbulu halus, panjang tangkai 3-5 mm, berbulu; tulang daun sekunder sejajar, agak rapat, jumlah 10-19 pasang, terlihat jelas menonjol pada permukaan bawah.



**Gambar 2.1 Daun Gaharu *Microcarpa***

Persebaran gaharu *microcarpa* ini terdapat pada wilayah Sumatera (Sijunjung, Lampung, Palembang, Riau, Bengkulu, Jambi, Bangka dan Belitung), Kalimantan dan Semenanjung Malaysia, Singapura.

### 2.1.2 Gaharu *Sinensis*

Gaharu *sinensis* adalah spesies tanaman endemik yang ditemukan di cina. Bentuk daun gaharu *sinensis* ini bundar telur melonjong dengan tekstur yang kasar pada bagian pertulangan dan halus pada permukaan daunnya. Daun gaharu *sinensis* ini umumnya memiliki panjang 5-12cm x lebar 3-6cm.

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



**Gambar 2.2 Daun Gaharu *Sinensis***

Persebaran gaharu jenis *sinensis* ini terdapat di wilayah sumatera, kalimantan dan dataran cina.

#### **2.1.3 Gaharu *Crassna***

Gaharu jenis *crassna* ini memiliki bentuk daun Daun lonjong - lanset, (8-) 18-24 cm x (4,5-)2-3 cm, licin, ujung daun lancip, pangkal tumpul, tulang daun sekunder sejajar/paralel, jumlah 23-32 pasang, terlihat jelas pada permukaan bawah.



**Gambar 2.3 Sketsa Daun Gaharu *Crassna***

Persebarannya terdapat pada wilayah Maluku (Buru: Kajeli dan Halmaheira), Riau (Sumatera).

#### 2.1.4 Gaharu Subintegra

Gaharu *Subintegra* adalah jenis baru yang memiliki kualitas tinggi hasil perkawinan gaharu *crassna* dengan gaharu *malacensis*. Daun ini ditemukan di Thailand. Daunnya memiliki bentuk bundar telur melebar-lonjong berukuran 12-16cm x 6-9cm.



**Gambar 2.4 Daun Gaharu *Subintegra***

Mekanisme pembentukan gaharu pada pohon penghasil gaharu hingga saat ini masih belum dipahami, namun pembentukan ini diduga merupakan bagian dari mekanisme pertahanan tanaman terhadap berbagai gangguan seperti infeksi patogen atau perlakuan kimiawi (Keeling & J, 2006).

## 2.2 Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital merupakan suatu teknik pengolahan dan analisis yang banyak dengan melibatkan persepsi visual. Citra digital dapat diperoleh secara otomatis dan sistem penangkapan citra membentuk matrik yang elemen-elemennya menyatakan nilai intensitas cahaya atau tingkat keabuan suatu piksel (Fadliansyah, 2007). Pengolahan citra ini dapat merubah gambar menjadi suatu informasi (Wijaya & Prijono, 2007).

Citra juga terkadang memiliki penurunan mutu (degradasi). Hal tersebut seperti adanya cacat atau derau (*noise*), warna terlalu kontras, kurang tajam, buram dan lain sebagainya. Agar citra yang telah terkena degradasi maka citra tersebut perlu

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dimanipulasi menjadi yang citra yang lebih baik. Teknik manipulasi yang dilakukan dapat dilakukan bila.

1. Modifikasi atau perbaikan citra dilakukan untuk meningkat kualitas *visual* yang terkandung dalam citra.
2. Elemen yang terkandung pada citra perlu diukur dan dikelompokan.
3. Beberapa bagian citra perlu digabungkan dengan bagian citra lainnya.

Pengolahan citra digital ini memiliki tujuan untuk memperbaiki suatu kualitas citra yang dapat diinterpretasikan oleh manusia atau mesin. Pada teknik pengolahan citra ini adalah mentransformasikan citra yang degradasi menjadi citra yang lebih baik kualitasnya (Munir & Rinaldi, 2004).

Sebuah *array* yang kompleks yang direspresentasikan dengan deretan bit tertentu atau memiliki nilai-nilai *real* disebut dengan Citra Digital (Putra, 2010). Citra digital dapat diartikan sebagai fungsi  $f(x,y)$  berukuran M baris dan N kolom.

Citra digital dapat dituliskan dalam bentuk matriks sebagai berikut.

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \cdots & f(0, N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \cdots & f(1, N-1) \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \cdots & f(M-1, N-1) \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Keterangan:

$f(x,y)$  = Matriks Citra Digital

$M$  = Baris

$N$  = Kolom

Adapun citra yang digunakan dalam konversi citra yaitu citra bewarna (RGB), citra keabuan (*grayscale*) dan citra biner. Citra bewarna adalah citra yang memiliki warna merah yang dilambangkan dengan huruf R (*red*), warna hijau yang dilambangkan dengan huruf G (*green*) dan warna biru yang dilambangkan dengan huruf B (*blue*). Citra *grayscale* adalah citra yang hanya memiliki warna hitam dan putih yang dinyatakan dengan intensitas berkisar antara 0 dan 255. Nilai 0 menyatakan hitam sedangkan nilai 255 menyatakan putih. Citra biner adalah citra yang hanya memiliki 2 kemungkinan pada setiap pikselnya, nilai 1 menyatakan putih sedangkan nilai 0 menyatakan hitam (Ahmad & Susanto, 2013).



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Citra berwarna dapat dikonversikan ke dalam bentuk citra *grayscale* dengan persamaan berikut.

$$Gr = 0,2989 \times R + 0,5870 \times G + 0,1141 \times B \quad (2.2)$$

Keterangan :

$Gr_{(j,k)}$  = Nilai Piksel Citra *Grayscale* (baris,kolom)

$R$  = Nilai Piksel Citra *Red*

$G$  = Nilai Piksel Citra *Green*

$B$  = Nilai Piksel Citra *Blue*

Konversi citra *grayscale* ke citra biner menggunakan suatu nilai ambang (*threshold*). Nilai *threshold* berperan sebagai nilai yang membantu untuk menentukan piksel pada citra *grayscale* untuk dikonversikan menjadi nilai 1 dan 0. Perhitungan konversi citra *grayscale* menjadi citra biner menggunakan persamaan berikut.

$$b_i = \begin{cases} 1, & i \geq a \\ 0, & i < a \end{cases} \quad (2.3)$$

Keterangan :

$b$  = Nilai Citra Biner

$i$  = Baris atau kolom pada citra *grayscale*

$a$  = Nilai ambang (*threshold*)

### 2.3 GLCM (Gray Level Co-occurrence Matrix)

Menurut (Putra, 2009) *Gray Level Co-occurrence Matrix* merupakan matriks yang dibangun menggunakan histogram tingkat 2. Matriks *co-occurrence* merupakan matriks berukuran  $L \times L$  ( $L$  menyatakan banyak tingkat keabuan) dengan elemen  $P(x_1, x_2)$  yang merupakan distribusi probabilitas bersama dari pasangan titik-titik dengan tingkat keabuan  $x_1$  yang berlokasi pada koordinat  $(j, k)$  dengan  $x_2$  yang berlokasi pada koordinat  $(m, n)$ .

Tujuan penggunaan fitur GLCM adalah untuk memperoleh tekstur citra dengan menggunakan perhitungan pada orde kedua. Pengukuran tekstur pada orde pertama menggunakan perhitungan statistka didasarkan pada nilai piksel citra asli semata, seperti *varians* dan tidak memperhatikan hubungan ketetangaan piksel. Pada orde kedua hubungan antarpasangan dua piksel citra asli diperhitungkan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$GLCM \vec{r}(i, j) = |(x_i, y_i)| \vec{r} = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2}, i, j \in N$$

Untuk  $0 \leq I(x, y) \leq 255$  (2.4)

Pada tahun 1973 Haralick mengatakan untuk mendapatkan fitur GLCM hanya perlu beberapa besaran yang digunakan. Lima besaran yang digunakan untuk GLCM yaitu, *angular second moment* (ASM), Kontras, *inverse different moment* (IDM), *entropy*, dan *correlation* (Claudhitta, Lovidianti, Alamsyah, & Yohannes, 2016).

1. ASM (*angular second moment*)

ASM merupakan ukuran homogenitas citra yang dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$ASM = \sum_{j=1}^L \sum_{k=1}^L (GLCM(j, k)^2) \quad (2.5)$$

2. Kontras (*Contrast*)

Kontras merupakan ukuran keberadaan variasi aras keabuan piksel rumus yang dihitung dengan cara sebagai berikut.

$$CONTRAST = \sum_{n=1}^L n^2 \{ \sum_{|j-k|=n} GLCM(j, k) \} \quad (2.6)$$

3. IDM (*inverse different moment*)

IDM digunakan untuk mengukur homogenitas yang dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$IDM = \sum_{j=1}^L \sum_{k=1}^L \frac{GLCM(j, k)}{1+(j-k)^2} \quad (27)$$

4. Entropi (*entropy*)

Entropi merupakan ukuran ketidakkaruan aras keabuan didalam citra yang dihitung dengan sebagai berikut.

$$ENTROPY = \sum_{j=1}^L \sum_{k=1}^L ((GLCM(j, k)) (\log(GLCM(j, k)))) \quad (2.8)$$

5. Korelasi (*correlation*)

Korelasi merupakan ukuran ketergantungan linier antar nilai aras keabuan dalam citra yang dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$CORRELATION = \frac{\sum_{j=1}^L \sum_{k=1}^L (j - \mu_j)(k - \mu_k)(GLCM(j, k))}{\sqrt{\sigma_j^2 \times \sigma_k^2}} \quad (2.9)$$

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Dengan

$$\mu'_j = \sum_{j=1}^L \sum_{k=1}^L j \times GLCM(j, k) \quad (2.10)$$

$$\mu'_k = \sum_{j=1}^L \sum_{k=1}^L k \times GLCM(j, k) \quad (2.11)$$

$$\sigma_j'^2 = \sum_{j=1}^L \sum_{k=1}^L GLCM(j, k) (j - \mu'_j)^2 \quad (2.12)$$

$$\sigma_k'^2 = \sum_{j=1}^L \sum_{k=1}^L GLCM(j, k) (k - \mu'_k)^2 \quad (2.13)$$

Keterangan:

$L$	= Jumlah level yang digunakan untuk komputasi
$j$	= Baris
$k$	= Kolom
$GLCM(j, k)$	= Nilai pada baris $j$ dan kolom $k$ pada matriks GLCM
$n$	= Nilai absolut $j-k$
$\mu'_j$	= Nilai <i>mean</i> baris ke- $j$
$\mu'_k$	= Nilai <i>mean</i> kolom ke- $k$
$\sigma'_j$	= Nilai <i>varian</i> baris ke- $j$
$\sigma'_k$	= Nilai <i>varian</i> kolom ke- $k$

## 2.4 Fitur Morfologi Digital

Fitur morfologi digital merupakan fitur yang didapat dari morfologi bentuk fisik daun. Adapun ciri dasar dan ciri turunan pada fitur morfologi ini yang menghasilkan nilai yang dapat diolah pada tahap klasifikasi. Ciri dasar dari citra daun, yaitu:

### 1. Diameter ( $D$ )

Diameter merupakan segmen garis lurus yang melintasi titik pusat dan menghubungkan 2 titik pusat pada margin daun.

### 2. *Physiological length* ( $L_p$ )

*Physiological length* merupakan panjang tulang daun primer atau jarak antara ujung dan pangkal daun.

### 3. *Physiological width* ( $W_p$ )

*Physiological width* merupakan jarak yang memotong garis *Physiological length* dengan dibatasi tepi daun.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

4. *Leaf Area (A)*

*Leaf Area* merupakan jumlah piksel pada daerah daun dengan citra yang telah dihaluskan.

5. *Leaf Perimeter (P)*

*Leaf Perimeter* merupakan jumlah piksel sekeliling daun.

Lima ciri diatas merupakan ciri yang digunakan berdasarkan aspek atau fitur geometris. Terdapat 6 ciri turunan yang digunakan dalam pengenalan pada daun yaitu sebagai berikut.

1. *Aspect ratio* merupakan ratio antara *physiological length* dengan *physiological width*.

$$\text{Aspect Ratio} = \frac{L_p}{W_p} \quad (2.14)$$

2. *Form factor* merupakan ciri yang mengukur seberapa bundar bentuk helai daun. *Form factor* ini mendeskripsikan perbedaan lingkaran dengan daun.

$$\text{Form factor} = \frac{4\mu A}{P^2} \quad (2.15)$$

3. *Rectangularity* merupakan ciri yang mendeskripsikan kemiripan antara daun dan persegi panjang.

$$\text{Rectangularity} = \frac{L_p W_p}{A} \quad (2.16)$$

4. *Narrow factor* merupakan rasio antara diameter dengan *physiological length*. Ciri ini berfungsi untuk menentukan simetri atau asimetrimya sehelai daun. Jika helai daun tersebut tergolong simetri maka bernilai 1, jika asimetri maka bernilai lebih dari 1.

$$\text{Narrow factor} = \frac{D}{L_p} \quad (2.17)$$

5. *Perimeter ratio of diameter* merupakan perbandingan antara perimeter daun dan diameter daun.

$$\text{Perimeter ratio of diameter} = \frac{P}{D} \quad (2.18)$$

6. *Perimeter ratio of physiological length and physiological width* merupakan perbandingan perimeter daun dan total penjumlahan *physiological length* dan *physiological width*.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\text{Perimeter ratio of } L \text{ \& } W = \frac{P}{(L_p + W_p)} \quad (2.19)$$

Keterangan :

$L_p$  = Nilai *physiological length* daun

$W_p$  = Nilai *physiological width* daun

$A$  = Nilai area daun

$P$  = Nilai perimeter daun

$D$  = Nilai diameter daun

$\pi$  = Nilai pi (3,14)

## 2.5 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan (JST) merupakan sistem komputasi dimana arsitektur dan operasi didasari dari pengetahuan sel saraf biologis dalam otak, yang merupakan salah satu representasi buatan dari otak yang selalu mencoba menstimulasi proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. JST digambarkan sebagai model matematis dan komputasi untuk fungsi aproksimasi non-linier, klasifikasi data *cluster* dan regresi non-parametrik atau sebuah simulasi dari koleksi model syaraf biologi (Hermawan, 2006).

## 2.6 Logika Fuzzy

Menurut (Rusli, 2017) ada perbedaan logika klasik dengan logika *fuzzy*. pada logika klasik terdapat keputusan sebuah logika hanya dua, yaitu benar atau salah. Nilai benar atau salah ini dinyatakan dengan angka 1 dan 0. Nilai benar menunjukkan angka 1 dan nilai salah menunjukkan angka 0. Kalau secara matematik bahwa  $T(P): \rightarrow \{0,1\}$ , maka di logika *fuzzy* tidaklah demikian. Keputusan pada logika *fuzzy* bernilai banyak, yang secara matematik dinyatakan sebagai berikut.

$$T(P) = \mu_A(x) \text{ dengan } 0 \leq \mu_A(x) \leq 1 \quad (2.20)$$

Kesimpulannya, logika *fuzzy* adalah tidak mutlak 1 dan 0, namun hasilnya berkisar antara 0 sampai dengan 1. Jadi logika *fuzzy* tidak hanya menghasilkan nilai benar dan salah saja, tapi dapat berisi setengah benar, semperemat salah dan seterusnya.

Cara penulisan relasi *fuzzy* untuk implikasi sebagai berikut.

IF  $x$  adalah A, THEN  $y$  adalah B, ELSE  $y$  adalah C dinyatakan dalam bentuk persamaan:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\mu_R(x, y) = \max[(\mu_A(x) \wedge \mu_B(y)), ((1 - \mu_A(x)) \wedge \mu_C(y))] \quad (2.21)$$

### 2.3.1 FIS (Fuzzy Inference System)

Tujuan utama logika *fuzzy* adalah untuk menyediakan suatu dasar untuk pendekatan penalaran (*aproksimate reasoning*) dengan proposisi-proposisi *fuzzy* dan teori himpunan *fuzzy* sebagai dasar utama. Prinsip-prinsip dasar dari penalaran dengan logika *fuzzy* berawal dari pernyataan logika yang selalu bernilai benar umumnya disebut tautologi. Tautologi secara umum dikenal seperti *Generalized Modus Ponens* (GMP) dan *Generalized Modus Tollens* (GMT). GMP dan GMT ini lah yang sering disebut dengan aturan-aturan penalaran *fuzzy* atau inferensi *fuzzy* (*Fuzzy Inference Rules*) (Rusli, 2017).

### 2.3.2 GMP (Generalized Modus Ponens)

GMP menyatakan 2 proposisi *fuzzy* yaitu “ ***x adalah A'*** ” dan “***Jika x adalah A maka y adalah B***”, sehingga memperoleh proposisi *fuzzy* yang baru yaitu “***y adalah B'***”. Secara singkat dapat diuraikan sebagai.

Proposisi 1 : ***x adalah A'***

Proposisi 2 : ***Jika x adalah A maka y adalah B***

Kesimpulan : ***y adalah B'***

Atau dengan persamaan komposisi  $B' = A' \circ R$ . Variabel R merupakan relasi *fuzzy* yang mewakili implikasi pada proposisi kedua.

### 2.3.3 GMT (Generalized Modus Tollens)

GMT menyatakan 2 proposisi *fuzzy* yaitu “ ***y adalah B'*** ” dan “***Jika x adalah A maka y adalah B***”, sehingga memperoleh proposisi *fuzzy* yang baru yaitu “***x adalah A'***”. Secara singkat dapat diuraikan sebagai.

Proposisi 1 : ***y adalah B'***

Proposisi 2 : ***Jika x adalah A maka y adalah B***

Kesimpulan : ***x adalah A'***

Atau dengan persamaan komposisi  $A' = B' \circ R$ . Variabel R merupakan relasi *fuzzy* yang mewakili implikasi pada proposisi kedua.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Kesimpulan dari masukan *fuzzy* yang diberikan dengan basis pengetahuan dan basis data (himpunan-himpunan *fuzzy*) harus melalui proses inferensi *fuzzy* tersebut. Metode inferensi ini sering digunakan berdasarkan komposisi.

### 2.3.4 Fungsi Keanggotaan Logika Fuzzy

Fungsi keanggotaan pada logika *fuzzy* memiliki peranan sebagai alat untuk memetakan nilai tegas (*crisp*) ke dalam nilai *fuzzy*. Fungsi keanggotaan dapat dinyatakan dalam konsep ketidakjelasan (bahasa manusia: cepat, panas, tua, dll). Fungsi keanggotaan ini direpresentasikan dalam bentuk kurva (fungsi) yang bersifat kontinyu.

Terdapat bermacam jenis kurva yang dapat digunakan untuk mempresentasikan himpunan *fuzzy*. Semua kurva yang memiliki tinggi maksimum 1 (satu) dapat digunakan untuk mempresentasikan suatu himpunan *fuzzy*. Suatu fungsi keanggotaan dicirikan oleh parameter fungsi keanggotaan (Handoyo & Prasajo, 2017). Berikut 7 fungsi keanggotaan pada logika *fuzzy*.

#### 1. Representasi Linier

Penggambaran *input* ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus pada representasi linier.

#### 2. Representasi Kurva Segitiga

Gabungan antara dua garis lurus (linier) yang memiliki titik temu disebut sebagai kurva segitiga.

#### 3. Representasi Kurva Trapesium

Pada dasarnya kurva trapesium ini memiliki bentuk seperti segitiga namun, pada kurva trapesium ini ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan satu [1].

#### 4. Representasi Kurva Bentuk Bahu

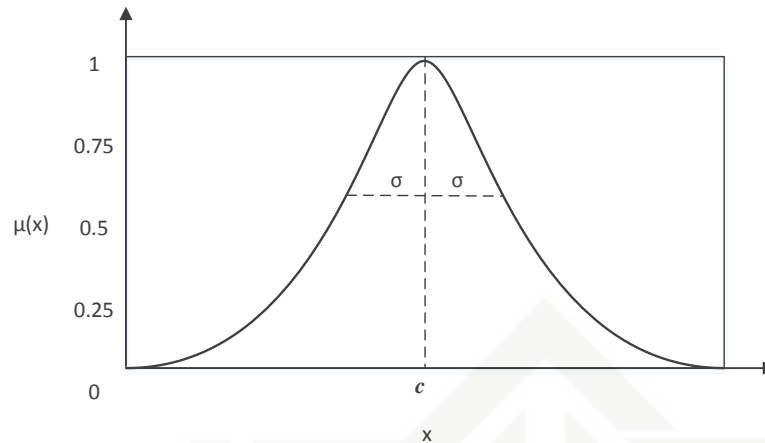
Bentuk segitiga yang berada pada bagian tengah kurva bentuk bahu memiliki fungsi untuk mempresentasikan suatu variabel.

#### 5. Representasi Kurva Gaussian

Kurva gauss ini memiliki bentuk yang mirip dengan kurva lonceng. Variabel pada fungsi keanggotaan ini dicirikan oleh parameter  $c$  dan  $\sigma$ .

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



**Gambar 2.5 Kurva Fungsi Keanggotaan Gaussian**

Rumus untuk mencari nilai fungsi keanggotaan *gaussian*, adalah sebagai berikut:

$$gaussianMf = e^{-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}} \quad (2.22)$$

Keterangan :

- $x$  = dataset
- $c$  = nilai *mean*
- $\sigma$  = nilai *sigma*

#### 6. Representasi kurva *sigmoid*

Pertumbuhan pada kurva *sigmoid* ini bergerak dari sisi paling kiri dengan nilai keanggotaan nol [0] ke sisi paling kanan dengan nilai keanggotaan satu [1].

#### 7. Representasi Kurva Lonceng (*Generalized Bell*)

Kurva lonceng memiliki ciri pada parameter  $a$ ,  $b$ , dan  $c$ . Parameter  $b$  bernilai positif dan parameter  $c$  menyatakan nilai tengah (*mean*).

### 2.3.1 Subtractive Clustering

*Clustering* merupakan teknik pengelompokan data yang dilakukan terhadap data besar hingga dibentuk menjadi beberapa kelompok kecil, sesuai dengan kesamaan karakteristik (Kusumadewi & Hartati, 2006).

Mengenali dan mengklasifikasikan kesamaan karakteristik atau pola yang serupa dari kelompok data yang besar menjadi beberapa kelompok kecil merupakan tujuan utama dari pengelompokan atau *clustering* (Yazdani Chamzini & Razani, Mojtaba & Yakhchali, Siamak & Zavadskas, Edmundas & Turskis, 2013). Pengelompokan





1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

menggunakan *subtractive* ini dijelaskan menentukan setiap data dari masing-masing data yang memiliki potensial tinggi terhadap data sekitarnya. Data dengan jumlah tetangga yang paling banyak akan dijadikan sebagai *cluster center*. Kemudian data yang akan dijadikan *cluster center* ini akan dikurangi potensialnya. Selanjutnya algoritma akan memilih data lain yang memiliki tetangga terbanyak untuk dijadikan *cluster center* lainnya. Hal ini akan dilakukan secara berulang hingga semua data telah diuji.

Perhitungan Nilai Potensial yang digunakan apabila terdapat sebanyak  $n$  data dalam keadaan normal adalah sebagai berikut.

$$P_i = \sum_{j=1}^n e^{-a\|X_i - X_j\|^2} \quad (2.23)$$

Untuk variabel  $a$  diuraikan sebagai berikut:

$$a = \frac{4}{r_a}$$

Dengan  $r_a$  merupakan konstanta positif yang menggambarkan radius ke sekitar data atau titik pusat. Kemudian setelah menghitung potensial setiap data secara keseluruhan, maka data yang memiliki potensial tertinggi akan dijadikan sebagai *cluster center*. Setelah potensial setiap data dihitung maka akan ditentukan kembali *center cluster* nya dan begitu seterusnya hingga beberapa iterasi atau perulangan. Perhitungan mencari nilai *center cluster* kedua hingga ke- $n$ , berikut adalah persamaan untuk menentukan revisi *potential value*, yang menghasilkan nilai *potential value* untuk dijadikan *center cluster* baru.

$$P_i \leftarrow P_i - P_1^* \times e^{-\beta\|X_i - X_j\|^2} \quad (2.24)$$

Untuk variabel  $\beta$  diuraikan sebagai berikut:

$$\beta = \frac{4}{(Sq * Ar)}$$

Adapun setelah menemukan nilai *center cluster*, maka akan dilanjutkan dengan mencari nilai  $\sigma$  (sigma) yang nantinya akan digunakan sebagai nilai parameter pada fungsi keanggotaan *gauss*, persamaan untuk mencari nilai  $\sigma$  adalah sebagai berikut:

$$\sigma = \left( r_a \times \frac{(\max(X) - \min(X))}{\sqrt{8}} \right) \quad (2.25)$$



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Keterangan :

- $P_i$  = Nilai potensial ke- $i$   
 $n$  = Jumlah data  
 $j$  = data ke- $j$   
 $e$  = eksponensial  
 $X$  = dataset setelah normalisasi *sub. Clustering*  
 $a$  = nilai akumulasi  
 $r_a$  = *radius* (defaultnya = 0,5)  
 $P_1^*$  = Nilai maksimum *potensial value*  
 $\beta$  = nilai akumulasi baru  
 $Sq$  = *Squash factor* (defaultnya = 1,25)  
 $Ar$  = *Accept ratio* (defaultnya = 0,5)  
 $\sigma$  = Nilai sigma

Pada *subtractive clustering* ini terdapat 2 parameter pembanding, yaitu *accept ratio* dan *reject ratio*. Terdapat beberapa aturan kondisi pada kedua parameter ini, yaitu sebagai berikut:

1. Jika nilai potensial tertinggi titik data dibagi dengan potensi tertinggi titik data pertama kali dari iterasi pertama lebih besar dari *accept ratio*, maka titik data tersebut diterima sebagai *center cluster* yang baru.
2. Jika nilai potensial tertinggi titik data dibagi dengan potensi tertinggi titik data pertama kali dari iterasi pertama sama rentangnya dengan *accept ratio* dan *reject ratio*, maka titik data tersebut diterima sebagai *center cluster* yang baru. Syarat ini hanya dapat diterima jika titik data yang akan dijadikan *center cluster* baru terletak dilokasinya yang cukup jauh dari titik data yang lainnya.
3. Jika nilai potensi tertinggi titik data dibagi dengan potensi titik pertama kali dari iterasi pertama kali lebih kecil dari *accept ratio* dan *reject ratio*, maka titik tersebut tidak dapat menjadi *center cluster* yang baru. Kondisi ketiga ini akan membuat pencarian nilai *center cluster* selesai atau iterasinya berhenti.

Pada *fuzzy subtractive clustering* ini memiliki 4 parameter, yaitu sebagai berikut:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. *Squash factor* nilai *defaultnya* adalah 1,25, digunakan untuk mengalikan nilai radius.
2. *Accept ratio* nilai *defaultnya* adalah 0,5, digunakan untuk mengatur potensial setiap data yang akan menjadi *center cluster*. Jika diketahui data memiliki potensi diatas nilai *accept ratio* maka akan dijadikan *cluster center* yang baru.
3. *Reject ratio* nilai *defaultnya* adalah 0,15, digunakan untuk mengatur potensial setiap data yang akan menjadi *cluster center*. Jika diketahui data memiliki potensial dibawah nilai *reject ratio* maka data tersebut tidak bisa menjadi nilai *center cluster* yang baru.
4. *Radius* nilai *defaultnya* adalah 0,5, digunakan sebagai jarak yang akan digunakan dalam membentuk anggota kelompok dari setiap *cluster*. Semakin tinggi nilai radius maka jumlah *cluster* juga akan menjadi semakin sedikit.

## 2.7 ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System)

*Adaptive neuro fuzzy inference system* atau disingkat dengan ANFIS adalah penggabungan dari logika *fuzzy* dan jaringan saraf tiruan (JST). ANFIS memiliki arsitektur yang secara fungsional sama dengan aturan dasar *fuzzy* model Sugeno. Jika diasumsikan *fuzzy inference system* mempunyai 2 *input* x dan y serta mempunyai 1 *output* z, maka menurut model Sugeno orde nol ada 2 aturan sebagai berikut.

Rule 1 : IF x is  $A_1$  AND y is  $B_1$  THEN  $f_1 = k$

Rule 2 : IF x is  $A_2$  AND y is  $B_2$  THEN  $f_2 = k$  (2.26)

Mekanisme *fuzzy inference system* pada metode ini adalah

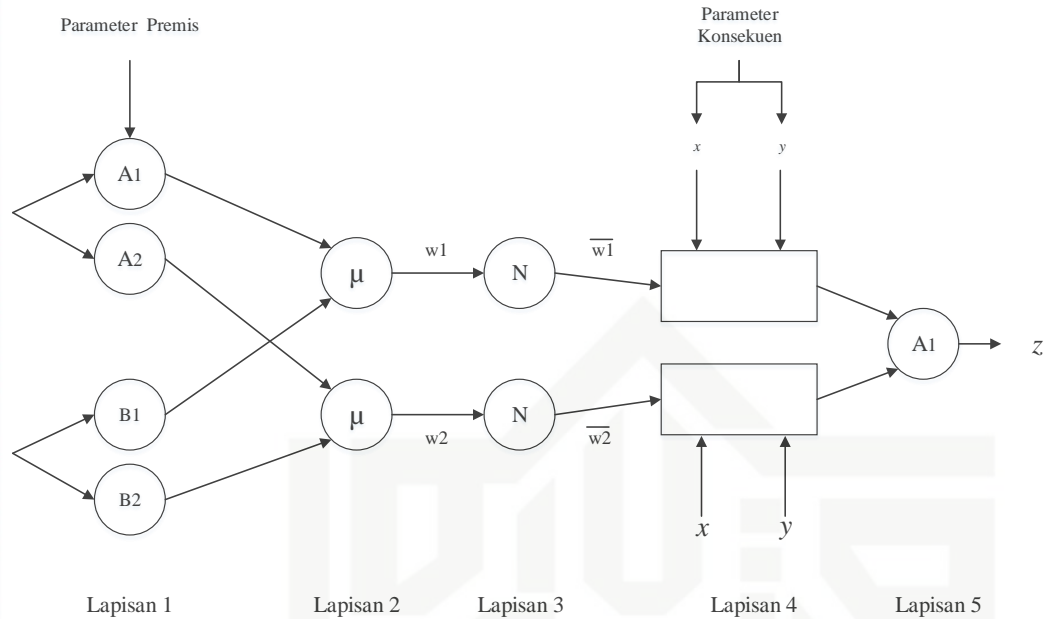
$$f = \frac{w_1 f_1 + w_2 f_2}{w_1 + w_2} = \overline{w}_1 f_1 + \overline{w}_2 f_2 \quad (2.27)$$

Pembelajaran *hybrid* pada ANFIS yaitu menggabungkan metode *gradient* dan metode *least squares estimate* (LSE) untuk mengidentifikasi parameter konsekuen. Sedangkan pembelajaran dengan *backpropagation* pada ANFIS hanya menggunakan metode *gradient* saja (Jang, Jyh-Shing R, 1993).

Pada Jaringan ANFIS terdapat 2 masukan yaitu x, y dan 1 keluaran z. Arsitektur ANFIS terdiri dari beberapa lapisan yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



**Gambar 2.6 Arsitektur ANFIS**

1. Pada lapisan pertama atau *layer* 1 ini bersifat *adaptive* yang berfungsi untuk mengaktifasi *output* dari tiap *neuron* atau *fuzzyfication*. *Output* dari *node*  $x$  pada *layer* 1 dinotasikan sebagai  $O_{1,i}$ . *output* yang dihasilkan pada *layer* 1 ini.

$$O_{1,i} = \mu_{A_i}(x), i = 1, 2$$

$$O_{1,i} = \mu_{B_i}(y), i = 1, 2 \quad (2.28)$$

Dengan nilai  $x$  dan  $y$  adalah nilai-nilai *input* untuk *node* tersebut dan  $A_i$  atau  $B_i$  adalah himpunan *fuzzy*. Jadi, masing-masing *node* pada *layer* 1 berfungsi membangkitkan derajat keanggotaan (bagian premis).

2. Pada lapisan kedua atau *layer* 2 ini berfungsi untuk menghitung kekuatan aktivasi (*firing strength*) pada setiap aturan sebagai produk dari semua masukan atau operator *t-norm* (*triangular norm*). *Node* pada *layer* 2 ini dinotasikan sebagai  $\mu$ .

$$O_{2,i} = w_i = \mu_{A_i}(x) \mu_{B_i}(y), i = 1, 2 \quad (2.29)$$

Sehingga didapat 2 aturan dari *layer* 2 ini.

$$w_1 = \mu_{A_1}(x) \text{ AND } \mu_{B_1}(y)$$

$$w_2 = \mu_{A_2}(x) \text{ AND } \mu_{B_2}(y) \quad (2.30)$$



3. Pada lapisan ketiga atau *layer* 3 ini setiap *nodenya* bersifat non-adaptif. *Node* tersebut berfungsi untuk menghitung rasio antara *layer* 2 yang bekerja sebagai *firing strength* pada aturan ke-*i* terhadap total *firing strength* dari semua aturan. *Node* pada *layer* 3 ini dinotasikan sebagai *N*.

$$O_{3,i} = \overline{w}_l f_i = \overline{w}_l(f) \quad (2.31)$$

4. Pada lapisan keempat atau *layer* 4 ini setiap *nodenya* bersifat adaptif.

$$O_{4,i} = \overline{w}_l f_i = \overline{w}_l(f) \quad (2.32)$$

Dengan rumus *f* yaitu

$$f_i = (x_1 \times o_n) + (x_2 \times p_n) + (x_3 \times q_n) + \dots + (x_{10} \times x_n) + (x_{11} \times y_n) + z_n \quad (2.33)$$

$\overline{w}_l$  adalah keluaran atau *output* dari *layer* 3 dan *f* adalah parameter konsekuen pada *fuzzy* model Sugeno orde nol.

5. Pada lapisan kelima atau *layer* 5 ini memiliki fungsi sebagai yang mengagregasikan seluruh keluaran atau *output* dari *layer* 4 atau sebagai penjumlahan dari seluruh sinyal yang masuk. *Node* pada *layer* 5 ini dinotasikan dengan  $\Sigma$ .

$$O_{5,i} = \Sigma_i \overline{w}_l f_i = \frac{\Sigma_i \overline{w}_l f_i}{\Sigma_i w_i} \quad (2.34)$$

Dari seluruh lapisan atau *layer* tersebutlah yang akan membangun jaringan adaptif (*adaptive network*) yang secara fungsional ekuivalen dengan *fuzzy* model Sugeno orde nol.

Keterangan:

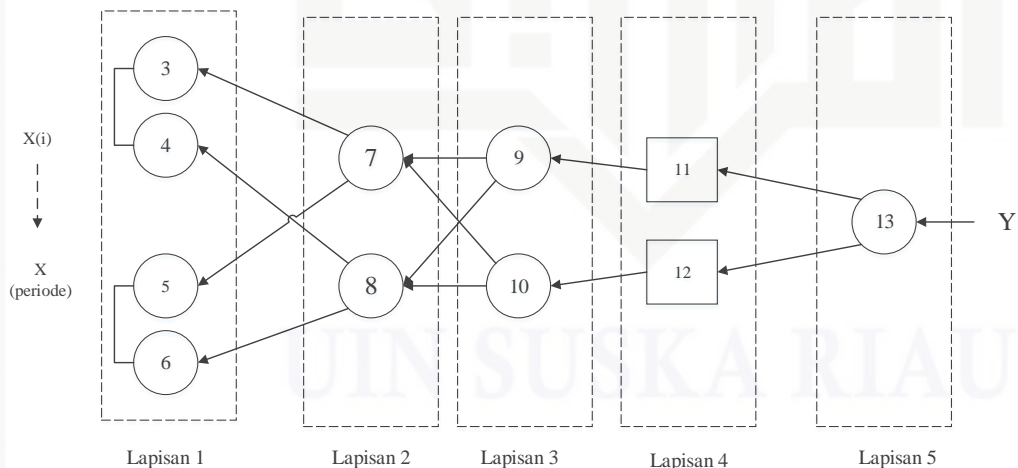
$x$ dan $y$	= Variabel input
$A$	= Himpunan <i>fuzzy</i> untuk $x$
$B$	= Himpunan <i>fuzzy</i> untuk $y$
$f$	= Parameter aturan <i>fuzzy</i> bernilai konstan
$w$	= Nilai <i>firing strength</i>
$O$	= Output pada setiap lapisan atau <i>layer</i>
$\mu$	= Nilai derajat keanggotaan
$\overline{w}$	= Nilai normalisasi <i>firing strength</i>
$\Sigma$	= Nilai penjumlahan seluruh sinyal yang masuk

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

### 2.4.1 Pembelajaran pada ANFIS

ANFIS merupakan metode yang dilatih dengan algoritma pelatihan *hybrid* (Jang, C.T, & E.Mizutami, 1997). Dalam pelatihan *hybrid* ini ada 2 langkah yaitu *forward* (maju) dan *backward* (mundur). Pada langkah *forward*, parameter konsekuen aturan ada *fuzzy inference* (penalaran *fuzzy*) akan memperoleh lapisan keempat yang akan dilakukan pejumlahan pada lapisan kelima. Sedangkan pada langkah *backward*, parameter konsekuen tetap. Kemudian memperbarui parameter premis yaitu menggunakan *gradient descent* untuk mempropagasikan balik target. Satu langkah pembelajaran *forward-backward* ini dinamakan satu *epoch*.

Model propagasi *error gradient descent* digunakan untuk melakukan perbaikan terhadap nilai parameter pada kurva fungsi keanggotaan yang digunakan. Tahap ini dilakukan dengan algoritma *Error Backpropagation* (EBP) yang pada setiap lapisannya akan dilakukan perhitungan *error* untuk melakukan pembaruan parameter-parameter pada ANFIS. Diagram Tahap *Backward* sistem ANFIS ditunjukkan pada Gambar 2. berikut ini.



**Gambar 2.7 Diagram Langkah *Backward* pada ANFIS**

1. *Error* pada lapisan kelima

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Jika jaringan adaptif hanya memiliki 1 neuron pada lapisan *output* atau neuron ke 13, maka propagasi *error* yang menuju lapisan kelima ditunjukkan pada rumus sebagai berikut.

$$\varepsilon_{13} = \frac{\partial E_p}{\partial x_{12}} = -2(y_p - y'_p) \quad (2.35)$$

Target *output* data pelatihan ke- $p$  adalah  $y_p$  dan *output* jaringan pada data latihan ke- $p$  adalah  $y'_p$

2. *Error* pada lapisan keempat

Propagasi *error* yang menuju ke lapisan keempat adalah neuron 11 dan neuron 12 ditunjukkan pada rumus sebagai berikut.

$$\varepsilon_{11} = \left( \frac{\partial E_p}{\partial x_{13}} \right) \left( \frac{\partial f_{13}}{\partial x_{11}} \right) = \varepsilon_{13} \left( \frac{\partial f_{13}}{\partial x_{11}} \right) = \varepsilon_{13}(1) = \varepsilon_{13} \quad (2.36)$$

Karena  $f_{13} = \overline{w_1}f_1 + \overline{w_2}f_2$ , maka  $\frac{\partial f_{13}}{\partial (\overline{w_1}f_1)} = 1$

$$\varepsilon_{12} = \left( \frac{\partial E_p}{\partial x_{13}} \right) \left( \frac{\partial f_{13}}{\partial x_{12}} \right) = \varepsilon_{13} \left( \frac{\partial f_{13}}{\partial x_{12}} \right) = \varepsilon_{13}(1) = \varepsilon_{13} \quad (2.37)$$

Karena  $f_{13} = \overline{w_1}f_1 + \overline{w_2}f_2$ , maka  $\frac{\partial f_{13}}{\partial (\overline{w_2}f_2)} = 1$

3. *Error* pada lapisan ketiga

Propagasi *error* yang menuju ke lapisan 3 adalah neuron 9 dan neuron 10 ditunjukkan pada rumus sebagai berikut.

$$\varepsilon_{11} = \left( \frac{\partial E_p}{\partial x_{13}} \right) \left( \frac{\partial f_{13}}{\partial x_{11}} \right) \left( \frac{\partial f_{11}}{\partial x_9} \right) = \varepsilon_{11} \left( \frac{\partial f_{11}}{\partial x_9} \right) = \varepsilon_{11}f_1 \quad (2.38)$$

Karena  $f_{11} = \overline{w_1}f_1$ , maka  $\frac{\partial f_{11}}{\partial (\overline{w_1})} = f_1$

$$\varepsilon_{10} = \left( \frac{\partial E_p}{\partial x_{13}} \right) \left( \frac{\partial f_{13}}{\partial x_{12}} \right) \left( \frac{\partial f_{12}}{\partial x_{10}} \right) = \varepsilon_{12} \left( \frac{\partial f_{12}}{\partial x_{10}} \right) = \varepsilon_{12}f_2 \quad (2.39)$$

Karena  $f_{12} = \overline{w_2}f_2$ , maka  $\frac{\partial f_{12}}{\partial (\overline{w_2})} = f_2$

4. *Error* pada lapisan kedua

Propagasi *error* yang menuju ke lapisan 2 adalah neuron 7 dan neuron 8 ditunjukkan pada rumus sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \varepsilon_7 &= \left( \frac{\partial E_p}{\partial x_{13}} \right) \left( \frac{\partial f_{13}}{\partial x_{11}} \right) \left( \frac{\partial f_{11}}{\partial x_9} \right) \left( \frac{\partial f_9}{\partial x_7} \right) + \left( \frac{\partial E_p}{\partial x_{13}} \right) \left( \frac{\partial f_{13}}{\partial x_{12}} \right) \left( \frac{\partial f_{12}}{\partial x_{10}} \right) \left( \frac{\partial f_{10}}{\partial x_7} \right) \\ &= \varepsilon_9 \left( \frac{\partial f_9}{\partial x_7} \right) + \varepsilon_{10} \left( \frac{\partial f_{10}}{\partial x_7} \right) \end{aligned}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\begin{aligned}
 &= \varepsilon_9 \left( \frac{w_2}{(w_1 + w_2)^2} \right) + \varepsilon_{10} \left( -\frac{w_2}{(w_1 + w_2)^2} \right) \\
 &= \frac{w_2}{(w_1 + w_2)^2} (\varepsilon_9 - \varepsilon_{10})
 \end{aligned} \tag{2.40}$$

Karena  $f_9 = \frac{w_2}{w_1 + w_2}$ , maka  $\frac{\partial f_9}{\partial w_1} = \frac{w_2}{(w_1 + w_2)^2}$

$$\begin{aligned}
 \text{dan } f_{10} &= \frac{w_2}{w_1 + w_2}, \text{ maka } \frac{\partial f_{10}}{\partial w_1} = \frac{w_2}{(w_1 + w_2)^2} \\
 \varepsilon_9 &= \left( \frac{\partial E_p}{\partial x_{13}} \right) \left( \frac{\partial f_{13}}{\partial x_{12}} \right) \left( \frac{\partial f_{12}}{\partial x_{10}} \right) \left( \frac{\partial f_{10}}{\partial x_8} \right) + \left( \frac{\partial E_p}{\partial x_{13}} \right) \left( \frac{\partial f_{13}}{\partial x_{11}} \right) \left( \frac{\partial f_{11}}{\partial x_9} \right) \left( \frac{\partial f_9}{\partial x_8} \right) \\
 &= \varepsilon_{10} \left( \frac{\partial f_{10}}{\partial x_8} \right) + \varepsilon_9 \left( \frac{\partial f_9}{\partial x_8} \right) \\
 &= \varepsilon_{10} \left( \frac{w_2}{(w_1 + w_2)^2} \right) + \varepsilon_9 \left( -\frac{w_2}{(w_1 + w_2)^2} \right) \\
 &= \frac{w_2}{(w_1 + w_2)^2} (\varepsilon_{10} - \varepsilon_9)
 \end{aligned} \tag{2.41}$$

Karena  $f_9 = \frac{w_2}{w_1 + w_2}$ , maka  $\frac{\partial f_9}{\partial w_3} = \frac{w_1}{(w_1 + w_2)^2}$

$$\text{dan } f_{10} = \frac{w_1}{w_1 + w_2}, \text{ maka } \frac{\partial f_{10}}{\partial w_1} = \frac{w_2}{(w_1 + w_2)^2}$$

5. Error pada lapisan pertama

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_7 \left( \frac{\partial f_7}{\partial x_3} \right) = \varepsilon_7 \mu_{B1}(x_2) \tag{2.42}$$

$$\varepsilon_4 = \varepsilon_8 \left( \frac{\partial f_8}{\partial x_4} \right) = \varepsilon_8 \mu_{B2}(x_2) \tag{2.43}$$

$$\varepsilon_5 = \varepsilon_7 \left( \frac{\partial f_7}{\partial x_5} \right) = \varepsilon_7 \mu_{A1}(x_1) \tag{2.44}$$

$$\varepsilon_6 = \varepsilon_8 \left( \frac{\partial f_8}{\partial x_6} \right) = \varepsilon_8 \mu_{A2}(x_1) \tag{2.45}$$

Karena  $f_7 = (\mu_{A1}(x_1))(\mu_{B1}(x_2))$ , maka  $\frac{\partial f_7}{\partial (\mu_{A1}(x_1))} = \mu_{B1}(x_2)$

dan  $\frac{\partial f_7}{\partial (\mu_{B1}(x_2))} = \mu_{A1}(x_1)$ ; dan karena  $f_8 = (\mu_{A2}(x_1))(\mu_{B2}(x_2))$ ,

maka  $\frac{\partial f_8}{\partial (\mu_{A2}(x_1))} = \mu_{B2}(x_2)$  dan  $\frac{\partial f_8}{\partial (\mu_{B2}(x_2))} = \mu_{A2}(x_1)$



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Setelah itu, *error* yang didapat pada lapisan pertama akan digunakan dalam mencari nilai *error* terhadap parameter  $\sigma$  dan  $c$  yang baru. Berikut persamaan (2.26) mencari nilai perubahan parameter  $\sigma$  dan  $c$ .

$$\mu\sigma_{i,j} = \frac{Ss \times \varepsilon'_{\sigma_{i,j}}}{s} \quad (2.46)$$

$$\mu c_{i,j} = \frac{Ss \times \varepsilon'_{c_{i,j}}}{s} \quad (2.47)$$

Persamaan diatas diuraikan dengan rumus sebagai berikut.

$$\varepsilon_{[\sigma;c]'} = (\varepsilon_{i,j}) \times e^{-\left(\frac{(x_i - c_i)/\sigma}{2}\right)^2} \times \left(\frac{(x_i - c_i)^2}{\sigma^3}\right) \quad (2.48)$$

$$s = \sqrt{\sigma_i'^2 + c_i'^2} \quad (2.49)$$

Keterangan :

- $\mu\sigma$  = Parameter  $\sigma$  baru
- $\mu c$  = Parameter  $c$  baru
- $Ss$  = Nilai *Step Size* (0,01)
- $\varepsilon'_{\sigma_{i,j}}$  = Nilai Turunan *Gaussian error* parameter  $\sigma$
- $\varepsilon'_{c_{i,j}}$  = Nilai Turunan *Gaussian error* parameter  $c$
- $S$  = Skalar Vektor

## 2.4.2 Pengujian pada ANFIS

Suatu sistem inferensi *fuzzy* akan terbentuk setelah dilakukannya proses pembelajaran. Sistem inferensi *fuzzy* tersebut berisi *rules* atau aturan-aturan *fuzzy* sesuai model Sugeno orde nol. Aturan tersebut akan dilakukan proses pengujian sehingga memberikan hasil klasifikasi. Tahap pengujian pada ANFIS hanya menggunakan tahap maju (*forward*) saja. Perhitungan pada *layer* 1 menggunakan fungsi keanggotaan kurva *gaussian* persamaan (2.3). Perhitungan pada *layer* 2 dihitung dengan persamaan (2.9). Perhitungan pada *layer* 3 dihitung dengan persamaan (2.11). Perhitungan pada *layer* 4 dihitung dengan persamaan (2.12) dan perhitungan pada *layer* 5 dihitung dengan persamaan (2.14).

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## 2.8 Normalisasi Data

Normalisasi data adalah proses transformasi data menjadi linier dengan rentang nilai dari 0 sampai 1 tanpa kehilangan karakteristik dari data tersebut. Proses normalisasi data menggunakan rumus sebagai berikut.

$$X' = \frac{X - \min(X)}{\max(X) - \min(X)} \quad (2.50)$$

Keterangan:

- $X'$  = Nilai setelah normalisasi  
 $X$  = Nilai sebelum normalisasi  
 $\min(X)$  = Nilai minimum  
 $\max(X)$  = Nilai maksimum

## 2.9 Pengukuran Akurasi

Pengukuran terhadap suatu kinerja sistem klasifikasi adalah satu hal yang penting. Sistem klasifikasi memberikan informasi seberapa baik dalam mengklasifikasikan data.

*Confusion matrix* merupakan perbandingan hasil klasifikasi yang klasifikasi sebenarnya dengan nilai klasifikasi yang dihasilkan oleh sistem. *Confusion matrix* menggambarkan kinerja model klasifikasi dengan bentuk tabel matriks untuk mengetahui data uji sesuai dengan klasifikasi atau nilai yang sebenarnya. Berikut tabel 2.2 *Confusion matrix* dengan 4 kombinasi nilai prediksi dan nilai aktual yang berbeda.

Tabel 2.2 Confusion matrix

		Nilai Aktual	
		1 (Positif)	0 (Negatif)
Nilai Prediksi	1 (Positif)	<b>TP</b> (TRUE POSITIVE)	<b>FN</b> (FALSE NEGATIVE)
	0 (Negatif)	<b>FN</b> (FALSE NEGATIF)	<b>FP</b> (FALSE POSITIF)

Metode evaluasi menggunakan *confusion matrix* seperti tabel diataslah yang menggambarkan perbandingan hasil klasifikasi sebenarnya dengan hasil klasifikasi sistem. Adapun perhitungan pada *confusion matrix* ini menggunakan rumus sebagai berikut.

$$Akurasi = \frac{TP+FP}{TP+TN+FP+FN} = \frac{Jumlah\ Benar}{Total\ Data} \times 100\% \quad (2.51)$$

## 2.10 Penelitian Terkait

Berikut tabel 2.3 yang menyajikan penelitian terkait dengan klasifikasi daun dan metode yang digunakan seperti ANFIS hingga penerapan GLCM dan morfologi digital pada daun.

Tabel 2.3 Penelitian Terkait

No.	Penulis	Judul	Metode	Hasil
1.	Retno Nugroho Whidhiasi, Nursinta Supriyanto A.W (2012)	Identifikasi Buah Belimbing berdasarkan Citra <i>Red-Green-Blue</i> Menggunakan <i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i> (Anfis)	<i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i> (ANFIS)  Berdasarkan citra RGB ( <i>red, green, blue</i> )	Sampel belimbing dilakukan pembagian menjadi 2 bagian yaitu data latih dan data uji. Data latih sebanyak 90 data yang dibagi menjadi 30 belimbing manis, 30 sedang dan 30 asam. Sedangkan data uji sebanyak 9 data dibagi menjadi 3 kategori yakni asam, sedang dan manis. Klasifikasi buah belimbing dilakukan dengan metode ANFIS berdasarkan citra RGB. Akurasi yang diperoleh yakni 100% untuk kelas asam, 100% untuk kelas sedang, dan 67% untuk kelas manis.
2.	Muhammad Asyhar Agmalaro, Aziz Kustiyo, Auriza Rahmad Akbar (2013)	Identifikasi Tanaman Buah Tropika Berdasarkan Tekstur Permukaan Daun Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan	JST  <i>backpropagation</i>  berdasarkan ekstraksi fitur <i>grey level co- occurrence matrix</i> (GLCM)	Identifikasi yang dilakukan pada tanaman buah tropika ini menggunakan 15 sampel citra daun buah-buahan tropika. Citra daun yang telah di proses dengan ekstraksi GLCM akan dijadikan <i>input</i> untuk proses indentifikasi. <i>Hidden neuron</i> yang digunakan pada pengujian ini sebanyak 7 lapis dan memperoleh hasil akurasi yaitu 90%.



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.	Febri Liantoni, Hendro Nugroho (2015)	Klasifikasi Daun Herbal Menggunakan Metode <i>Naive Bayes Classifier</i> dan <i>K-Nearest Neighbor</i>	<i>Naive Bayes Classifier</i> dan <i>K-Nearest Neighbor</i> (K-NN)	Klasifikasi daun herbal ini menggunakan fitur <i>invariant moment</i> dan fitur geometri. Pada penelitian tersebut metode <i>Naive Bayes Classifier</i> merupakan klasifikasi yang paling cepat dan sederhana. Sedangkan K-NN melakukan klasifikasi dengan cepat berdasarkan jarak terdekat antara objek. Akurasi yang diperoleh pada metode <i>Naive Bayes Classifier</i> adalah 75% sedangkan metode K-NN memperoleh nilai sebesar 70,83%.
4.	Dani Jumadi Syahid, Dian Nursantika (2016)	Sistem Klasifikasi Jenis Tanaman Hias Daun <i>Philodendron</i> Menggunakan Metode <i>K-Nearest Neighbor</i> (KNN) berdasarkan Nilai HUE, <i>Saturation</i> , <i>Value</i> (HSV)	<i>K-Nearest Neighbor</i> (K-NN) berdasarkan fitur warna HSV	Data sampel yang digunakan 5 klasifikasi citra data latih dan 10 citra data uji. Metode yang diterapkan <i>K-Nearest Neighbor</i> (K-NN) berdasarkan ekstraksi fitur warna HSV ( <i>hue</i> , <i>saturation</i> , <i>value</i> ). Akurasi yang dilakukan pada pendeteksi citra tanaman hias memperoleh hasil sebesar 92%.
5.	Soffiana Agustin, Eko Prasetyo (2015)	Klasifikasi Jenis Pohon Mangga Gadung dan Curut berdasarkan Tekstur Daun	<i>K-Nearest Neighbor</i> (K-NN) dan JST <i>Backpropagation</i>	Klasifikasi yang dilakukan pada 30 sampel mangga jenis gadung dan 30 sampel mangga jenis curut ini dilakukan dalam dua metode yaitu KNN dan JST <i>backpropagation</i> dengan fitur tekstur warna <i>green</i> dari RGB ( <i>red</i> , <i>green</i> , <i>blue</i> ) dan fitur tekstur yang digunakan yaitu rata-rata intensitas, <i>smoothness</i> , <i>entropy</i> , <i>5 moment invariant</i> , <i>energy</i> , dan kontras. Akurasi yang diperoleh dengan metode K-NN adalah 54,24% sedangkan JST <i>backpropagation</i> adalah 65.19%.K
6.	Anita Ahmad Kasim, Agus Harjoko (2014)	Klasifikasi Citra Batik Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Berdasarkan <i>Gray Level Co-Occurrence Matrices</i> (GLCM)	JST <i>backpropagation</i> dan GLCM	Pada klasifikasi citra batik ini diterapkan jaringan saraf tiruan menggunakan algoritma <i>backpropagation</i> . Hasil akurasi pada data latih sebesar 95,7% , daru 37 (91.9%) citra baik non geometri terdapat 3 (81%) ciri yang tidak dapat diklasifikasikan kedalam





2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber.

1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber.

1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber.

1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber.

1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber.

1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber.

1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber.

1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber.

1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber.

1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber.

1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber.

1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber.

1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber.

1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber.

1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber.

1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber.

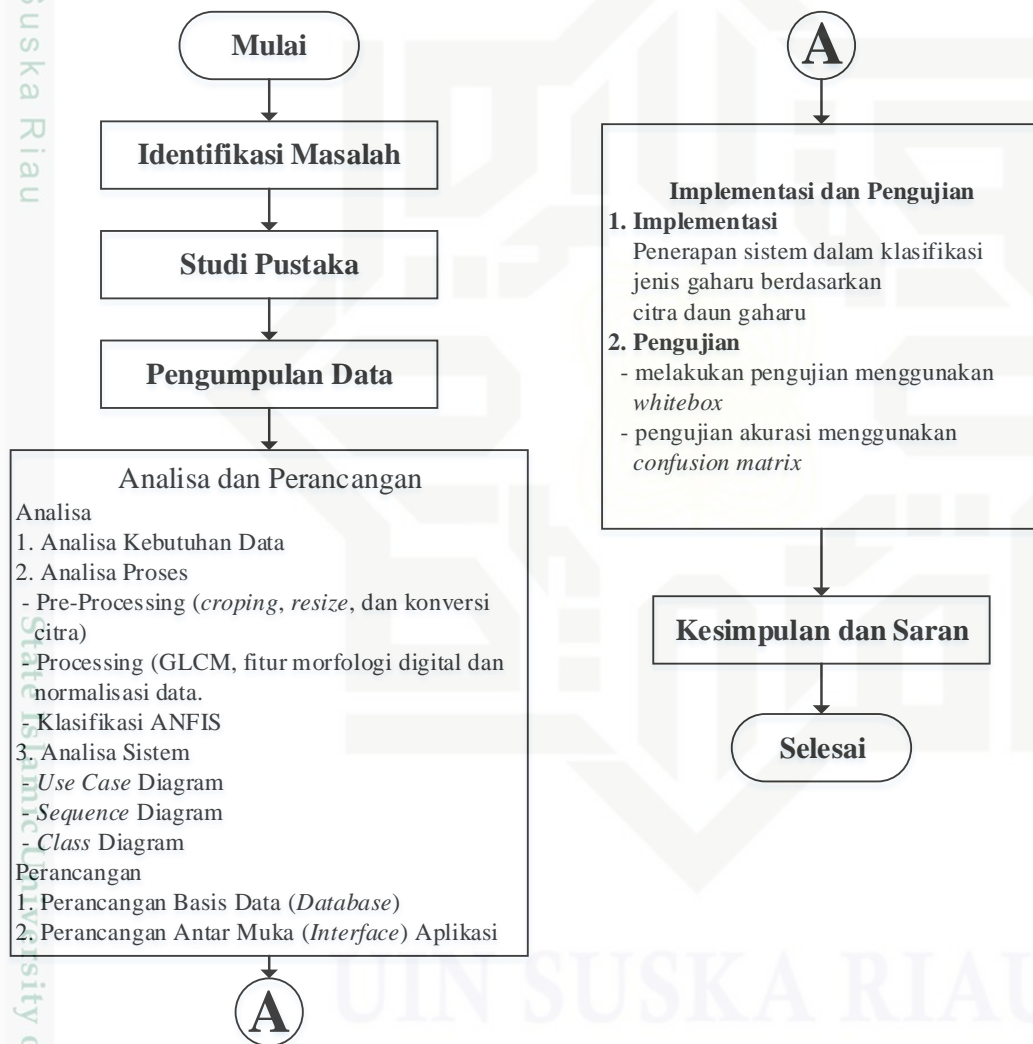
1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber.

				kelasnya. Sedangkan ciri citra geometri dapat diklasifikasikan dengan benar 100%.
7.	Maura Widyarningsih (2016)	Identifikasi Kematangan Buah Apel Dengan <i>Gray Level Co-Occurrence Matrix</i> (GlcM)	GLCM dengan faktor <i>euclidian distance</i>	Identifikasi kematangan buah apel dilakukan dengan 12 data latih citra apel. 12 data latih tersebut dibagi menjadi 3 kategori yaitu mentah, setengah matang, dan matang. Pengujian GLCM dengan sudut 0 derajat hasil ekstraksi ciri citra uji dapat dikenali dengan faktor <i>euclidian distance</i> terhadap citra <i>queri</i> .
8.	Satrio Arief Wibowo, Bambang Hidayat, Unang Sunarya (2016)	Simulasi dan Analisis Pengenalan Citra Daging Sapi dan Daging Babi dengan Metode GLCM	<i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i> (ANFIS) berdasarkan ekstraksi fitur <i>grey level co-occurrence matrix</i> (GLCM)	Klasifikasi ANFIS dan ciri tekstur <i>grey level co-occurrence matrix</i> (GLCM). Hasil akurasi yang diperoleh pada jenis daging sapi maupun daging babi sebesar 98,5%.
9.	Ratih Kartika Dewi, R.V Hari Ginardi (2014)	Identifikasi Penyakit Pada Daun Tebu Dengan <i>Gray Level Co-Occurrence Matrix</i> Dan <i>Color Moments</i>	<i>Support vector machine</i> (SVM) dan GLCM	Klasifikasi dilakukan berdasarkan fitur yang telah diekstraksi sebelumnya. Hasil indentifikasi penyakit pada daun tebu ini memperoleh akurasi sebesar 97%.
10.	Hanang Wijayanto (2015)	Klasifikasi Batik Menggunakan Metode K-Nearest Neighbour Berdasarkan Gray Level Co-Occurrence Matrices (GlcM)	K-Nearest Neighbour Dan Gray Level Co-Occurrence Matrices (GLCM)	Klasifikasi ini menggunakan 100 citra batik dengan 5 kelas. Metode evaluasi yang digunakan yaitu <i>confusion matrix</i> sebagai pengukur tingkat akurasi. Akurasi tertinggi yang dihasilkan sebesar 57,50% dan terendah menghasilkan nilai akurasi sebesar 20%.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian merupakan proses/tahapan yang menjadi acuan suatu penelitian. Tahapan-tahapan tersebut ditentukan sebelum penelitian dilakukan yang berencana untuk mencapai suatu tujuan penelitian berhasil. Berikut Gambar 3.1 adalah tahapan yang akan dilakukan pada penelitian ini.



Gambar 3.1 Metodologi Penelitian



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

### 3.1 Identifikasi Masalah

Tahap identifikasi masalah adalah tahap awal yang dilakukan peneliti dalam mencari dan memahami masalah pada salah satu Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) yaitu gaharu. Masalah yang identifikasi oleh peneliti adalah kurangnya pengetahuan mengenai jenis gaharu. Mahasiswa dengan program studi kehutanan ataupun pertanian hampir secara keseluruhan tidak mengetahui jenis dari pohon gaharu. Para petani dan calon pengusaha gaharu pun juga tidak semuanya mengetahui jenis pohon gaharu. Pohon gaharu yang memiliki nilai jual ini penting untuk diketahui. Perbedaan pohon gaharu dapat dilihat dari 3 aspek yaitu, daun, batang dan buah. Daun gaharu menjadi salah satu ciri fisik dari gaharu yang sangat sulit untuk diketahui jenisnya. Beberapa daun gaharu sulit diidentifikasi dikarenakan daunnya yang mirip dengan daun lain bukan gaharu. Dari hal tersebut maka peneliti merumuskan masalah untuk melakukan penelitian tugas akhir dengan judul **“KLASIFIKASI JENIS POHON GAHARU BERDASARKAN TEKSTUR DAN BENTUK DAUN MENGGUNAKAN METODE ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)”**.

### 3.2 Studi Pustaka

Tahap ini peneliti mengumpulkan informasi dari studi pustaka. Dengan memahami buku-buku terkait yang membahas gaharu dan juga memahami hasil-hasil penelitian dari jurnal-jurnal terkait tentang klasifikasi menggunakan metode ANFIS, fitur tekstur GLCM, fitur morfologi digital yang digunakan pada penelitian ini sebagai dasar teori.

### 3.3 Pengumpulan Data

Pada tahap penelitian ini data yang digunakan pada penelitian ini adalah data citra daun gaharu. Citra daun didapatkan dari pohon gaharu yang dibudidayakan oleh GAHARU PLAZA INDONESIA yang beralamat Jl. Guru Blok A No.12 Arengka Raya Residence Sidumulyo Pekanbaru. Berdasarkan wawancara dengan *General Manager* dari Gaharu Plaza Indonesia pohon gaharu yang dibudidayakan terdapat di daerah kwalu nenas daerah kampar. Pengumpulan data dilakukan dengan cara mengambil 200 data citra daun dari 4 jenis pohon



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

gaharu. Alat yang digunakan untuk pengambilan citra daun gaharu adalah kamera DSLR canon EOS 60D. Data citra yang akan digunakan pada penelitian ini adalah data citra yang berformat .jpg. pengambilan citra daun dilakukan menggunakan *background* berwarna putih yang dapat memberikan hasil citra dengan tekstur yang jelas.

### 3.4 Analisa dan perancangan

Tahap analisa dan perancangan ini adalah suatu proses dalam menganalisa kebutuhan yang diperlukan dalam mengklasifikasikan daun gaharu serta merancang aplikasi yang diterapkan pada tahap implementasi.

#### 3.4.1 Analisa

Pada tahap analisa ini dilakukan penelusuran kebutuhan yang diperlukan dalam membangun aplikasi ini. Analisa dilakukan terhadap data yang telah diperoleh. Pada penelitian ini terdapat analisa kebutuhan data dan analisa proses.

##### 3.4.1.1 Analisa Kebutuhan Data

Tahap ini dilakukan dengan menyesuaikan data yang telah diperoleh dengan ciri data yang dapat digunakan. Tahap ini berguna dalam menganalisa kebutuhan data yang diperlukan pada penelitian ini.

##### 3.4.1.2 Analisa Proses

Tahap analisa proses ini dilakukan agar dapat mengurangi kesalahan yang terjadi ketika implementasi. Kesalahan tersebut bisa terjadi karena ketidakcocokan data yang dimiliki dengan yang dibutuhkan. Pada tahap ini terdapat 3 proses yang menjelaskan tahap analisa proses ini.

#### a. *Pre-processing*

Tahap *pre-processing* dilakukan untuk mendapatkan citra baru yang akan digunakan untuk proses ekstraksi fitur. Ada 3 tahapan yang dilakukan pada saat *pre-processing* ini.

##### 1. *Cropping* dan *Resize*

*Cropping* yang dilakukan sebelum proses ekstraksi fitur pada daun adalah dengan melakukan pemotongan pada citra daun. *Cropping* (memotong)



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dilakukan agar daun menghasilkan citra yang berfokus pada daun gaharu. Setelah melakukan *cropping* sistem akan melakukan tahapan *resize*. *Resize* ini mengubah ukuran citra pada daun. Tahap ini dilakukan agar menghasilkan ukuran citra daun gaharu yang sama. Citra yang telah di *resize* disamakan ukurannya dengan ratio 2:3.

## 2. Konversi Citra

Citra daun yang telah *cropping* dan *resize* akan dilakukan konversi citra. Citra daun gaharu yang awalnya berwarna (RGB) akan dikonversikan menjadi citra keabuan (*grayscale*) untuk digunakan pada ekstraksi fitur GLCM. Lalu citra keabuan yang didapat akan dikonversikan menjadi citra biner untuk digunakan pada ekstraksi fitur morfologi digital.

## b. *Processing*

Setelah citra daun gaharu diolah pada tahap *pre-processing* maka citra pada daun gaharu akan diolah kembali untuk mendapatkan nilai ekstraksi fitur tekstur GLCM dan ekstraksi fitur morfologi digital pada daun. Berikut 3 tahapan yang dilakukan pada tahapan *processing* ini.

### 1. Ekstraksi Fitur Tekstur *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM)

Nilai tekstur daun didapat dengan melakukan ekstraksi fitur tekstur. Fitur tekstur yang digunakan adalah *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM). Citra keabuan yang telah didapat akan dibuat sebuah matriks kookurensi dengan ukuran  $256 \times 256$ . Matriks tersebut dihitung dengan jarak 1 yang berdasarkan sudut  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$  sehingga menghasilkan 4 matriks kookurensi. Hasil dari keempat matriks kookurensi akan dirata-ratakan dan kemudian digunakan untuk mendapatkan fitur ciri tekstur yang digunakan. Fitur ciri tekstur yang digunakan ada 5, yaitu *angular second moment* (ASM), kontras, inverse different moment, entropi dan korelasi.

### 2. Ekstraksi Fitur Morfologi Digital

Citra biner yang telah didapat pada tahap *pre-processing* digunakan untuk mendapatkan nilai fitur morfologi digital. Ada 5 fitur dasar geometris yang digunakan pada ekstraksi fitur ini, yaitu diameter ( $D$ ), *physiological length* ( $L_p$ ), *physiological width* ( $W_p$ ), *leaf area* ( $A$ ), dan *leaf perimeter* ( $P$ ).

Setelah melakukan 5 fitur dasar ekstraksi geometris, maka hasil dari kelima fitur tersebut digunakan untuk menghitung fitur morfologi digital. Pada fitur morfologi digital terdapat 6 perhitungan, yaitu perhitungan *aspect ratio*, *form factor*, *rectangularity*, *perimeter ratio of diameter*, dan *perimeter ratio of physiological length and physiological width*.

### 3. Normalisasi Data

Setelah didapatkan nilai ekstraksi fitur tekstur GLCM dan fitur morfologi digital akan dilakukan normalisasi data untuk mengubah nilai menjadi rentang 0 sampai 1. Normalisasi yang dihitung akan mendapatkan hasil untuk digunakan sebagai *input* pada metode klasifikasi ANFIS.

### c. Klasifikasi

Pada tahap klasifikasi pada daun gaharu ini dilakukan menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS). Pada proses pelatihan ANFIS, model inferensi yang digunakan adalah model Sugeno orde nol dimana output sistem berupa konstanta. Sistem inferensi *fuzzy* merupakan proses pemetaan dari suatu *input* ke *output* dengan menggunakan logika *fuzzy*.

#### 3.4.1.3 Analisa Sistem

Tahap analisa sistem ini adalah suatu prosedur dari alur sistem yang digambarkan menggunakan notasi umum dalam perancangan sistem yang akan dijadikan acuan dalam proses konstruksi sistem yang dikembangkan. Adapun perangkat analisa sistem yang digunakan pada penelitian ini, yaitu:

#### a. Use Case Diagram

*Use case* diagram merupakan diagram yang mempresentasikan kelakuan (*behavior*) sistem informasi yang akan dikembangkan. *Use case* ini digambarkan satu aktor atau lebih yang berinteraksi untuk mengetahui fungsi apa saja yang ada pada sebuah sistem dan siapa saja yang menggunakan fungsi-fungsi tersebut (Shalahuddin & A.S, 2014).

#### b. Activity Diagram

*Activity* diagram merupakan suatu diagram aktivitas yang mempresentasikan aliran kerja dari sebuah sistem. *Activity* diagram ini hanya



mengambarkan proses alur kerja (aktivitas sistem) bukan yang dilakukan aktor (Shalahuddin & A.S, 2014).

**c. Sequence Diagram**

*Sequence* diagram merupakan diagram sekuen yang mempresentasikan kelakuan objek pada *use case* diagram dengan menggambarkan pemodelan waktu hidup objek dengan *message* (pesan) yang akan dikirimkan dan diterima antar objek (Shalahuddin & A.S, 2014).

**d. Class Diagram**

*Class* diagram atau kelas diagram merupakan suatu diagram yang menggambarkan struktur sistem dengan pembagian kelas yang akan dibuat dalam membangun sistem. Kelas diagram ini memiliki atribut dan operasi (*method*). Atribut merupakan berbagai variabel yang dimiliki suatu kelas sedangkan *method* merupakan berbagai fungsi yang dimiliki suatu kelas (Shalahuddin & A.S, 2014).

### 3.4.2 Perancangan

Tahap perancangan ini dilakukan berdasarkan analisa yang telah dilakukan sebelumnya. Ada 2 perancangan yang dilakukan pada tahap ini, yaitu:

#### 3.4.2.1 Perancangan Basis Data (*Database*)

Perancangan basis data ini dibuat berdasarkan *class* diagram yang telah dirancang sebelumnya. Perancangan basis data ini dibuat agar dapat memudahkan implementasi pada sistem yang dikembangkan.

#### 3.4.2.2 Perancangan Antar Muka (*Interface*)

Perancangan antar muka ini dirancang sedemikian rupa dengan tampilan yang komunikatif, menarik dan mudah digunakan agar pengguna sistem tidak kesulitan dalam menggunakan sistem.

## 3.5 Implementasi dan pengujian

Tahap implementasi dan pengujian ini adalah tahapan yang dilakukan pada sistem berdasarkan tahapan analisa dan perancangan sebelumnya.

### 3.5.1 Implementasi

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pada tahap implementasi ini adalah tahap penerapan rancangan yang sudah dibuat sebelumnya menjadi sebuah aplikasi/sistem yang utuh. Adapun lingkungan dari implementasi yang terdiri dari lingkungan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Berikut alat pendukung pada lingkungan implementasi yang dibutuhkan untuk membangun sistem.

#### 1. Perangkat Keras (*Hardware*)

*Processor* : Intel® Core(TM) i3 CPU M380 @2.53 GHz  
(CPUs)

*Memory* : 4096MB RAM

*Hard Disk* : 500 GB

#### 2. Perangkat Lunak (*Software*)

*Sistem Operasi* : Windows 7 Ultimate 64-bit Service Pack 1

*Browser* : Google Chrome Version 68.0.3440.106 64-bit

Bahasa Pemrograman: Python, Matlab, HTML, Javascript

*Tool* : Sublime Text 3

*DBMS* : Sqlite3

### 3.5.2 Pengujian

Tahap pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan tujuan yang diinginkan agar berjalan dengan baik. Hasil yang diharapkan pada pengujian ini adalah sistem dapat mengenali ciri daun secara jelas sehingga dapat mengetahui jenis pohon gaharu. Terdapat dua jenis pengujian yang akan dilakukan yaitu pengujian pada *source code* sistem dan pengujian akurasi menggunakan *confusion matrix*.

Pengujian dilakukan dengan *white box testing* melakukan pengecekan kepada seluruh elemen program sistem seperti perulangan (*loop*), logika keputusan dan alur logika sistem. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui program berjalan baik secara tepat. Pengujian ini dilakukan berdasarkan kode program. Pengujian akurasi ini melakukan pembagian datanya menggunakan *confusion matrix*. Pengujian ini dilakukan menggunakan 200 data citra daun gaharu yang memiliki 4 kelas citra, yaitu kelas 0 = *crassna*, kelas 1 = *microcarpa*, kelas 2 = *sinensis*, kelas 3 = *subintegra*. Pengujian menggunakan



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

*confusion matrix* ini mengambil data secara acak untuk diujikan dengan ratio pembagian data uji 10%, 20% , 30%, 40% dan 50% terhadap seluruh data citra yang ada.

### 3.6 Kesimpulan dan saran

Tahap kesimpulan dan saran ini adalah tahap akhir dari penelitian. Kesimpulan berisi hasil dari penelitian yang telah dilakukan sedangkan saran berisi hal-hal yang disarankan peneliti agar dapat dilakukan pada penelitian yang dilakukan selanjutnya dengan hasil yang lebih baik.

## BAB VI

### PENUTUP

#### 6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian Klasifikasi Jenis Pohon Gaharu berdasarkan Tekstur dan Bentuk Daun menggunakan Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini berhasil menerapkan metode pengolahan citra yaitu ekstraksi fitur tekstur GLCM dan fitur morfologi digital serta metode klasifikasi ANFIS dalam melakukan klasifikasi daun gaharu.
2. Hasil pengujian menunjukkan pengujian menggunakan *confusion matrix* nilai akurasi tertinggi dihasilkan pada pengujian 10% data uji dengan jumlah *epoch* 50 menghasilkan akurasi yang tinggi yaitu 90%. Sedangkan nilai akurasi terendah dihasilkan pada pengujian 50% data uji dengan jumlah *epoch* 10 menghasilkan akurasi sebesar 50%.
3. Nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) akan semakin mengecil sesuai dengan besarnya jumlah epoch.

#### 6.2 Saran

Beberapa saran berguna yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian ini di masa yang akan datang adalah sebagai berikut.

1. Citra yang digunakan fokus pada daun tanpa adanya objek lain ataupun bayangan yang tertangkap pada pengambilan citra.
2. Menggunakan model inferensi sugeno orde satu pada metode ANFIS.
3. Berdasarkan hasil wawancara dengan *General Manager* Gaharu Plaza Indonesia pengenalan jenis gaharu juga dapat dilihat dari warna daun dan disarankan untuk penelitian selanjutnya menggunakan fitur warna.



## DAFTAR PUSTAKA

- Agmalaro, M. A., Kustiyo, A., & Akbar, A. R. (2013). Identifikasi Tanaman Buah Tropika Berdasarkan Tekstur Permukaan Daun Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan. *Ilmu Komputer Agri-Informatika*, Vol. 2(2), hal. 73-82.
- Ahmad, K., & Susanto, A. (2013). *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Badan Standarisasi Nasional, . (2011). *Standar Nasional Indonesia (SNI)*. SNI 7631:2011. Gaharu: Jakarta: BSN.
- Barden, A., Noorainie Awang, A., Teresa, M., & Michael, S. (2000). *Heart of the matter: Agarwood use and trade and CITES implementation for Aquilaria Malacensis (Traffic Network Report)*. Selangor, Malaysia: Cambridge Traffic International.
- Claudhitta, Lovidianti, Alamsyah, D., & Yohannes. (2016). Menghitung jumlah orang dengan ekstraksi fitur Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM). *STMIK GI MDP - Teknik Informatika*, 1, 1–11.
- Dewi, R. K., & Ginardi, R. . H. (2014). Identifikasi Penyakit pada Daun Tebu dengan Gray Level Co-occurrence Matrix dan Color Moment. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (JTIK)*, Vol. 1(2), Hal. 70-77.
- Dwi Setyaningrum, H., & Saparinto, C. (2014). *Panduan Lengkap Gaharu (I)*. Jakarta Timur: Penebar Swadaya Grup.
- Fadliansyah. (2007). *Computer Vision dan Pengolahan Citra*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Handoyo, S., & Prasojo, A. purwanto sarwo. (2017). *Sistem Fuzzy Terapan dengan Software R (I)*. Malang: UB Media.
- Hermawan, A. (2006). *Jaringan Syaraf Tiruan*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Ismail, M., Jusoh, M. Z., & Sajap, A. S. (2018). *Gaharu Komoditi Ketiga Negara*. Kuala Lumpur: Percetakan Haji Jantan Sdn. Bhd.
- Jang, J. S. ., C.T, & E.Mizutami. (1997). *Neuro - Fuzzy and Soft Computing*. Printice-Hall: London.
- Kasim, A. A., & Harjoko, A. (2014). Klasifikasi Citra Batik Menggunakan



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
- Jaringan Syaraf Tiruan Berdasarkan Gray Level Co-Occurrence Matrices (GLCM). *Jurnal Fakultas Hukum UII*, 1, Hal. C7-C13.
- Keeling, C., & J, B. (2006). Genes, enzymes and chemicals of terpenoid diversity in the constitutive and induced defense of confiners against insects and panthogens. *New Phytologist - Tansley Reviews*, Vol. 170(4), hal. 657-675.
- Kusumadewi, S., & Hartati, S. (2006a). Neuro-Fuzzy : Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf. *Graha Ilmu*.
- Kusumadewi, S., & Hartati, S. (2006b). *Neuro Fuzzy Intregasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Lianton, F. (2016). Klasifikasi Daun Dengan Perbaikan Fitur Citra Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor. *Ultimatics : Jurnal Teknik Informatika*, Vol 7(2), Hal. 98-104.
- Munir, & Rinaldi. (2004). *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*. Bandung: Informatika.
- Putra, D. (2009). *Sistem Biometrika*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Putra, D. (2010). *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Rusli, M. (2017). *Dasar Perancangan Kendali Logika Fuzzy (I)*. Malang: UB Media.
- Shalahuddin, M., & A.S, R. (2014). *Rekaya Perangkat Lunak Terstruktur dan Berorientasi Objek*. Bandung: Informatika.
- Sitorus, & Syahriol. (2006). *Pengolahan Citra Digital*. Medan: Ilmu Komputer.USU.
- Sumarna, Y. (2002). *Budidaya Gaharu, Seri Agribisnis*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Sumarna, Y. (2007). *Budi Daya Gaharu (IV, Vol. viii)*. Jakarta: Niaga Swadaya.
- Sumarna, Y. (2013). *Budi Daya & Bisnis Gaharu (I)*. Jakarta: Niaga Swadaya.
- Syahid, D., Jumadi, & Nursantika, D. (2016). Sistem Klasifikasi Jenis Tanaman Hias Daun Philodendron Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor (KNN) berdasarkan Nilai HUE, Saturation, Value (HSV). *Jurnal Online Informatika (JOIN)*, Vol. 1(1), hal. 20-23.
- Tarigan, K. (2004). *Profil Pengusahaan (Budidaya) Gaharu*. Jakarta: Departemen





1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Kehutanan Pusat Bina Penyuluhan Kehutanan.

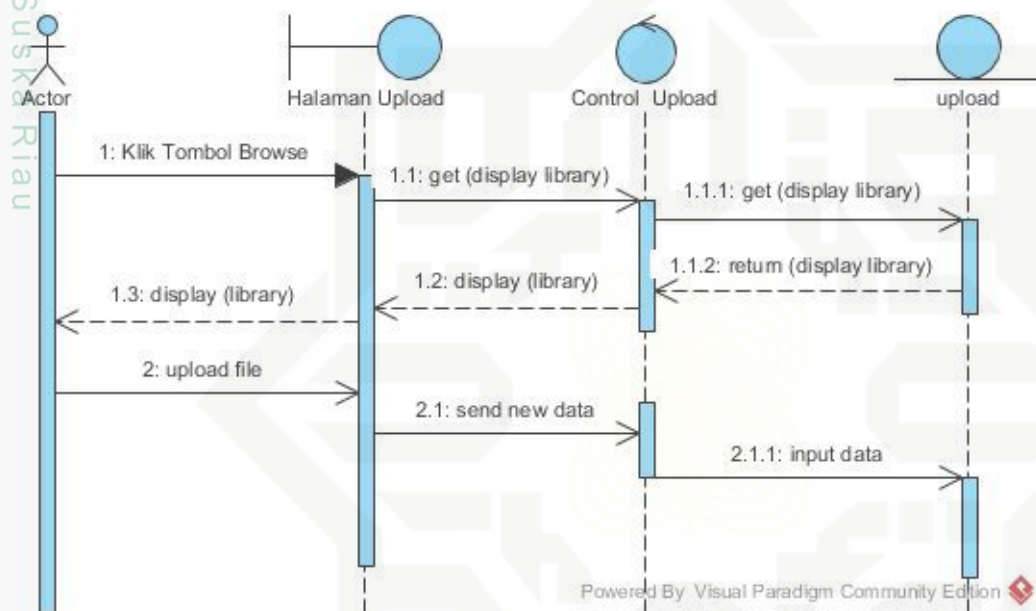
- Tjitrosoepomo, G. (1996). *Morfologi Tumbuhan*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Wibowo, S. A., Hidayat, B., & Sunarya, U. (2016). Simulasi dan Analisis Pengenalan Citra Daging Sapi dan Daging Babi dengan Metode GLCM. *Prosiding SENIATI, Vol. 1*, hal. 338-343.
- Widyaningsih, M. (2017). Identifikasi Kematangan Buah Apel dengan Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM). *Jurnal SAINTEKOM, Vol. 6*(1), hal. 71-78.
- Wiharjo, D. in. S. (2010). *Aplikasi Pengenalan Suara untuk User Interface*. Jakarta Barat: Universitas Bina Nusantara.
- Wijaya, M. C., & Prijono, A. (2007). *Pengolahan Citra Digital menggunakan MATLAB image processing toolbox*. Bandung: Informatika.
- WU, S. G., Bao, F. S., Xu, E. Y., Wang, Y.-X., Chang, Y.-F., & Xiang, Q.-L. (2007). A Leaf Recognition Algorithm for Plant Classification Using Probabilistic Neural Network. *IEEE Xplore - Digital Library, Vol. 10*(1109), hal. 11-16.
- Yazdani Chamzini, A., & Razani, Mojtaba & Yakhchali, Siamak & Zavadskas, Edmundas & Turskis, Z. (2013). Developing a fuzzy model based on subtractive clustering for road header performance prediction. *Automation in Construction, 35*, Hal 111-120.

## LAMPIRAN A

### SEQUENCE DIAGRAM

#### A.1 Unggah Citra

*Sequence* diagram unggah citra dilakukan oleh dua pengguna yaitu admin dan *user*. Pada halaman *upload* citra pengguna menekan tombol browse agar sistem menampilkan data citra yang tersimpan pada perangkat(komputer/laptop). Pengguna memilih data citra yang akan diinputkan sebagai data citra baru.

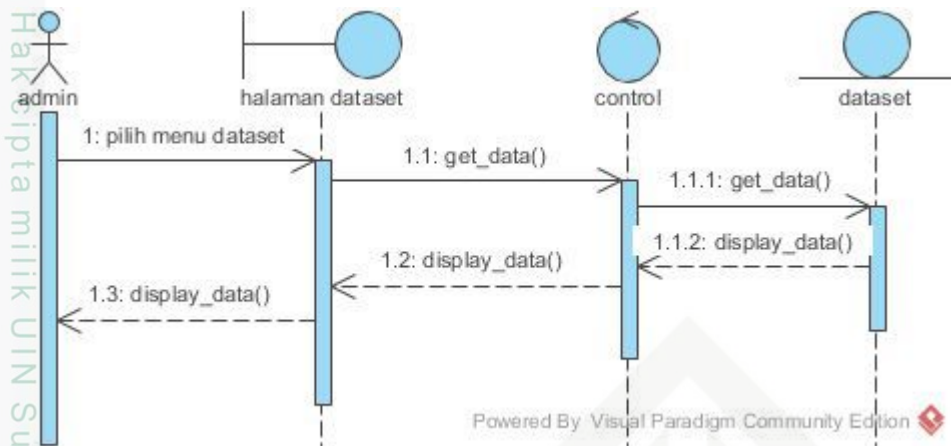


Gambar A.1 *Sequence* diagram unggah citra

#### A.2 Melihat Data Fitur Ekstraksi

*Sequence* diagram melihat data fitur ekstraksi ini hanya dapat dilihat oleh admin dengan *login* terlebih dahulu. Admin memilih menu dataset untuk melihat data citra yang telah diekstraksi. Sistem akan menampilkan tabel data citra yang diekstraksi.

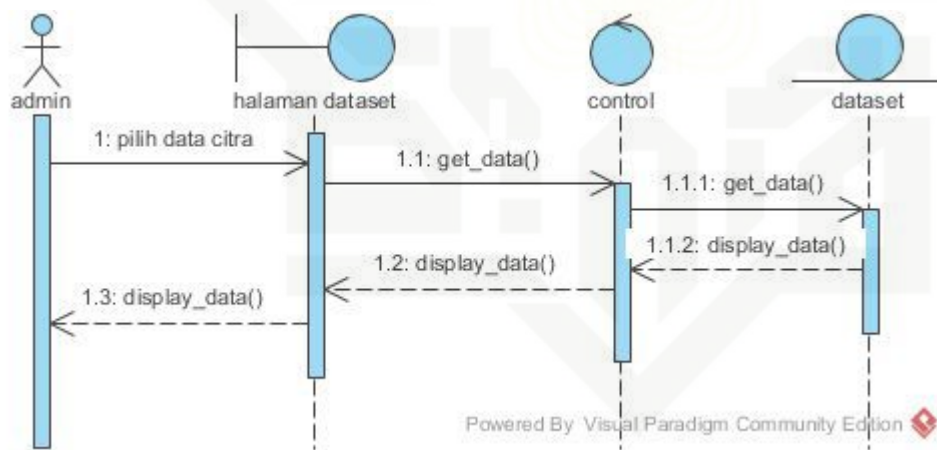
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



**Gambar A.2 Sequence Diagram Melihat Data Fitur Ekstraksi**

### A.3 Melihat Citra yang dikonversi

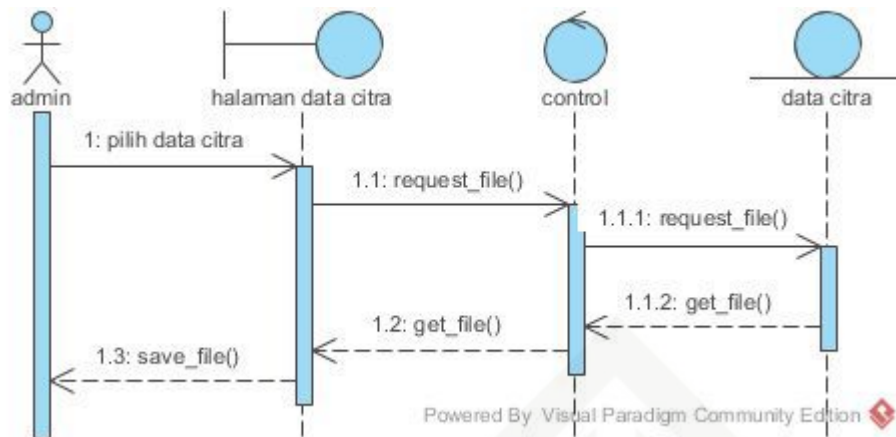
*Sequence* diagram melihat citra yang dikonversi ini hanya dapat dilihat oleh admin dengan *login* terlebih dahulu. Admin memilih menu dataset untuk melihat data citra yang telah diekstraksi. Sistem akan menampilkan tabel data citra yang diekstraksi. Admin memilih salah satu data citra tersebut untuk melihat citranya yang telah dikonversikan menjadi citra RGB, *grayscale* dan biner.



**Gambar A.3 Sequence Diagram Melihat Data Citra yang dikonversi**

### A.4 Mengunduh Citra

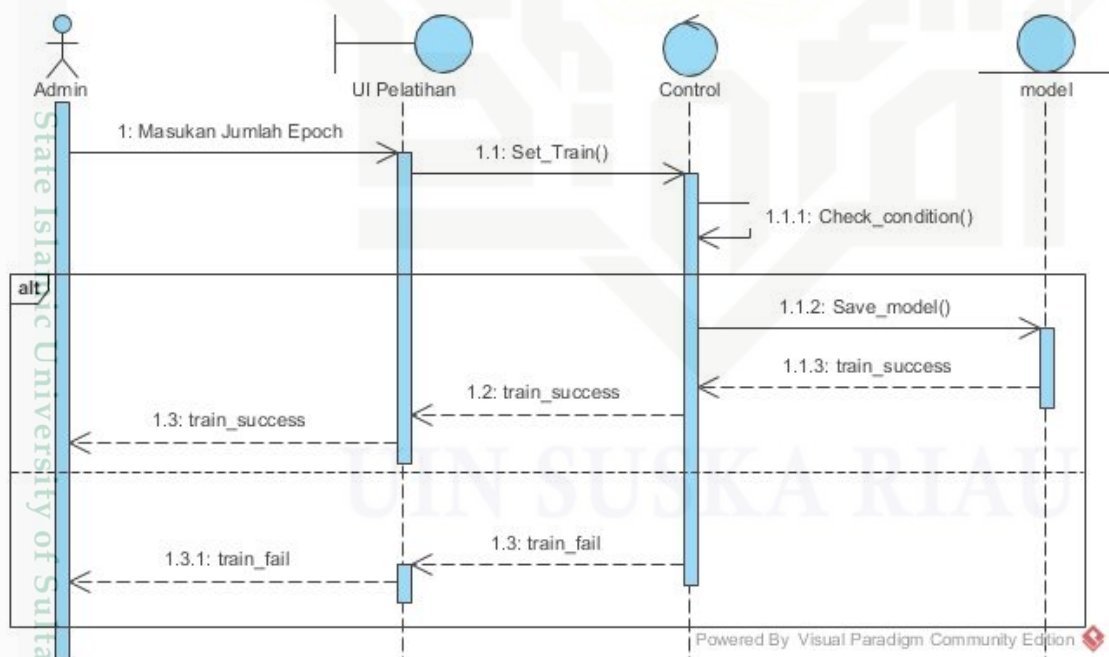
*Sequence* diagram mengunduh citra yang dikonversi ini hanya dapat dilakukan oleh admin dengan *login* terlebih dahulu. Admin mengakses halaman data citra yang telah dikonversi. Admin dapat mengunduh nilai citra *red*, *green*, *blue*, *grayscale* dan biner.



**Gambar A.4 Sequence Diagram Mengunduh Citra**

### A.5 Melatih Data

*Sequence* diagram ini adalah proses pelatihan data terhadap data yang telah dikonversi sebelumnya. Sebelum melakukan pelatihan data, admin dapat menentukan jumlah *epoch*. Saat melakukan pelatihan data sistem akan mengecek kondisi, jika perhitungan sudah mencapai jumlah *epoch* atau sudah sampai batas maksimal *error* maka sistem akan menyimpan pelatihan data *fuzzy inference system* atau model pelatihan ke *database*.

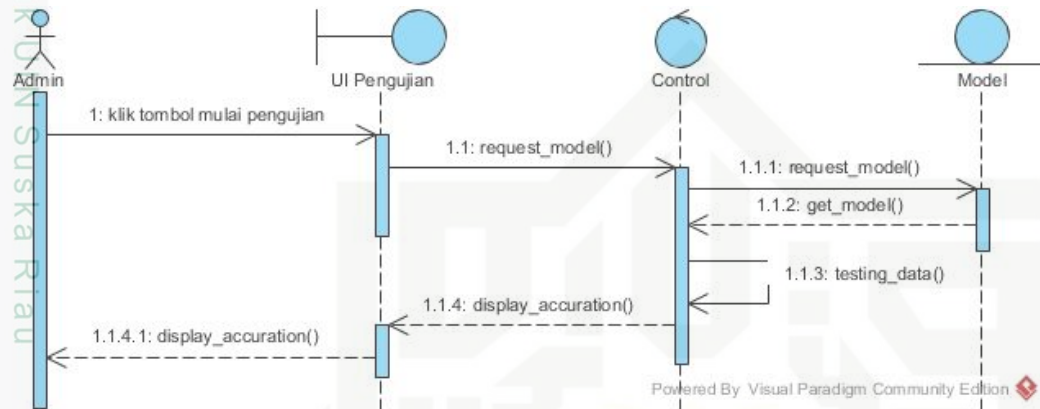


**Gambar A.5 Sequence Diagram Pelatihan**



## A.6 Pengujian Data

*Sequence* diagram ini adalah proses pengujian yang dilakukan terhadap data latih yang dibuat sebelumnya. Data uji ini sudah dibagi 20% dari jumlah keseluruhan data. Pengujian ini akan menampilkan hasil akurasi diakhir prosesnya.



**Gambar A.6 Sequence Diagram Pengujian Data**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## LAMPIRAN B

### PERANCANGAN INTERFACE

#### B.1 Halaman Unggah Citra

Perancangan halaman unggah citra ini adalah halaman yang diakses kedua pengguna yaitu *user* dan *admin*. Terdapat perbedaan antara kedua pengguna dalam mengakses halaman ini. *User* dapat mengakses halaman unggah langsung tanpa harus *login* terlebih dahulu dan setelah mengunggah citra, sistem akan menampilkan klasifikasi dari citra yang telah diunggah. Sedangkan *admin* harus *login* terlebih dahulu untuk dapat mengakses halaman ini dan setelah mengunggah citra, sistem akan menyimpan data tersebut sebagai data latih baru. Kemudian saat pengguna telah memilih citra yang akan diunggah, maka sistem akan memunculkan *pop-up* untuk *cropping* dan *resize* citra yang bertujuan agar ukuran citra tidak terlalu besar dan lama saat diproses.



**Gambar B.1 Unggah Citra**

#### B.2 Halaman Login

Perancangan *interface* halaman login ini berfungsi untuk membedakan hak akses pengguna dalam menggunakan sistem.



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**Gambar B.2 Halaman *Login***

### B.3 Halaman *Dashboard*

Halaman *dashboard* adalah halaman yang pertama kali akan ditampilkan ketika admin setelah *login*.

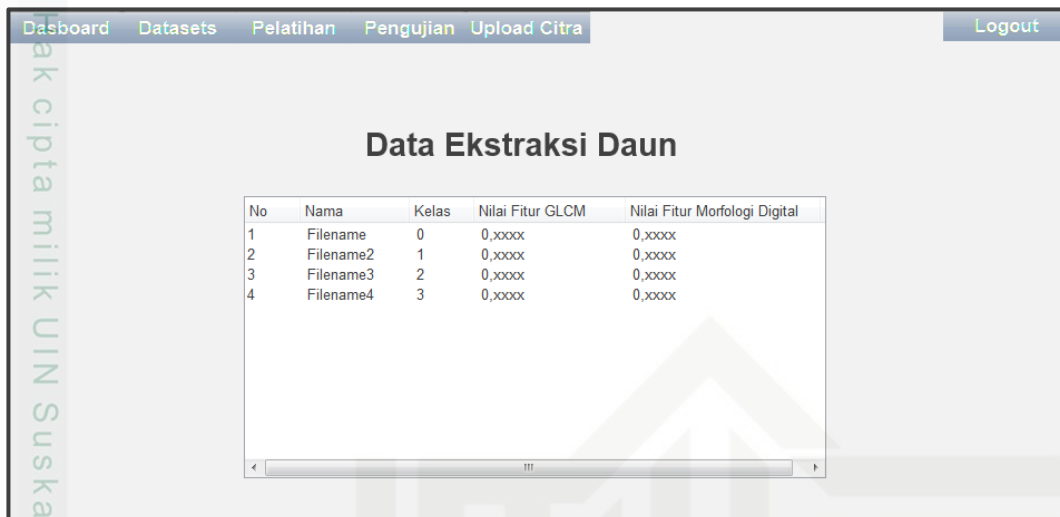
**Gambar B.3 Halaman *Dashboard***

### B.4 Halaman *Datasets*

Halaman *datasets* ini menampilkan data ekstraksi daun yang tersimpan pada *database*. Data ekstraksi daun ini didapat saat unggah citra yang telah dilakukan proses perhitungan ekstraksi ciri pada daun.

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

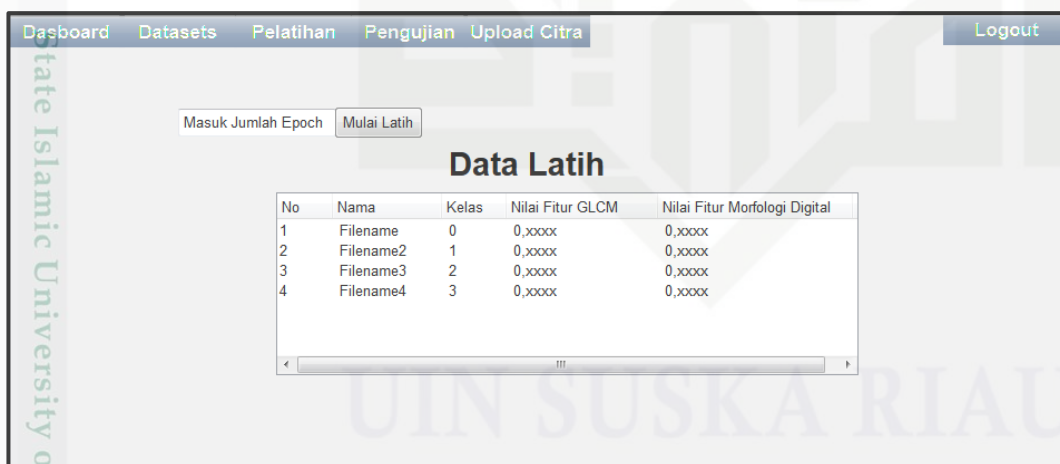


No	Nama	Kelas	Nilai Fitur GLCM	Nilai Fitur Morfologi Digital
1	Filename	0	0,xxxx	0,xxxx
2	Filename2	1	0,xxxx	0,xxxx
3	Filename3	2	0,xxxx	0,xxxx
4	Filename4	3	0,xxxx	0,xxxx

**Gambar B.4 Halaman Datasets**

### B.5 Halaman Pelatihan

Halaman pelatihan adalah halaman menampilkan proses pelatihan data yang telah diesktraksi sebelumnya menjadi data latih. Data yang telah diesktraksi dapat dilihat dihalaman datasets. Data yang digunakan akan dibagi dahulu menjadi 80:20 dari jumlah keseluruhan data yakni 100 data. Data latih sebanyak 80 data sedangkan sisanya akan menjadi data uji.



No	Nama	Kelas	Nilai Fitur GLCM	Nilai Fitur Morfologi Digital
1	Filename	0	0,xxxx	0,xxxx
2	Filename2	1	0,xxxx	0,xxxx
3	Filename3	2	0,xxxx	0,xxxx
4	Filename4	3	0,xxxx	0,xxxx

**Gambar B.5 Halaman Pelatihan**

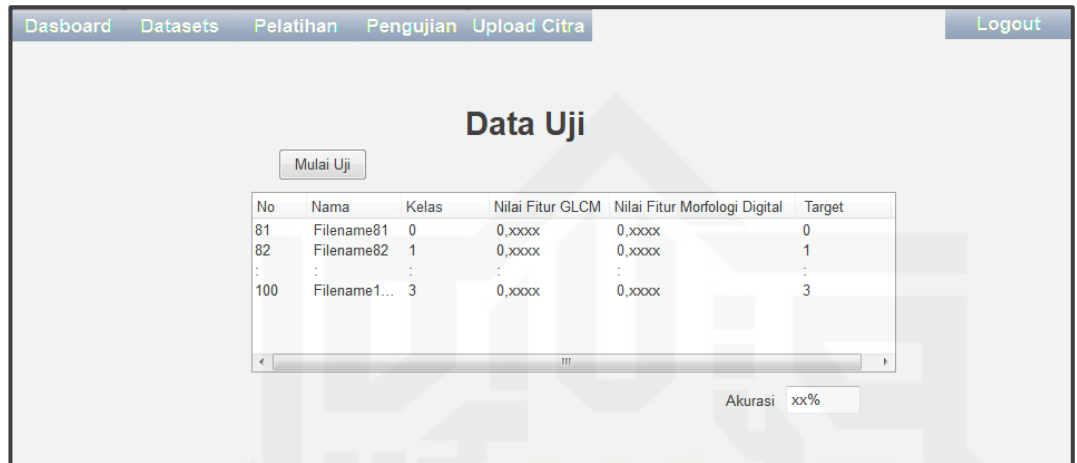


#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

### B.6 Halaman Pengujian

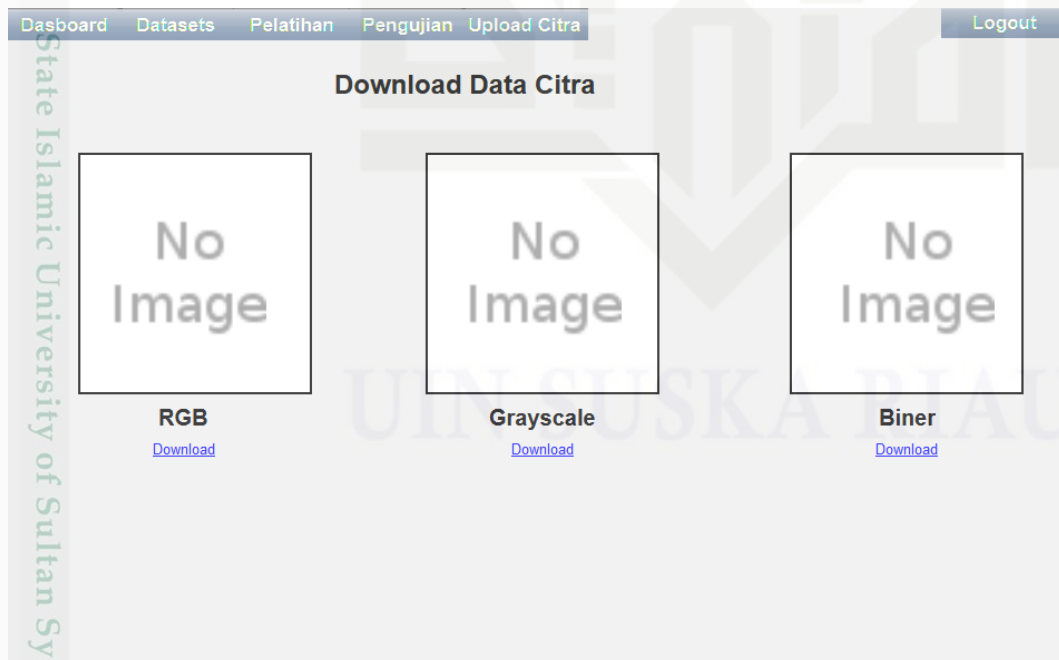
Halaman pengujian adalah halaman yang menampilkan proses pengujian data yang akan menghasilkan nilai akurasi dari klasifikasi sistem. Data uji yang digunakan sebanyak 20 data.



Gambar B.6 Halaman Pengujian

### B.7 Halaman Unduh Data Citra

Rancangan halaman dibuat untuk menyediakan file konversi citra dengan format .csv yang dapat diunduh. Citra konversi yang dapat diunduh yaitu RGB, *Grayscale* dan Biner.



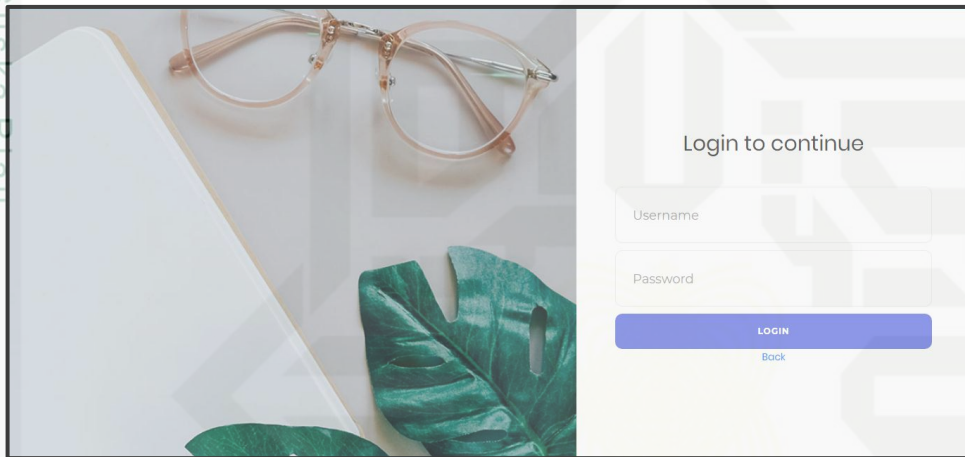
Gambar B.7 Halaman Unduh Citra

## LAMPIRAN C

### IMPLEMENTASI SISTEM

#### C.1 Halaman Login

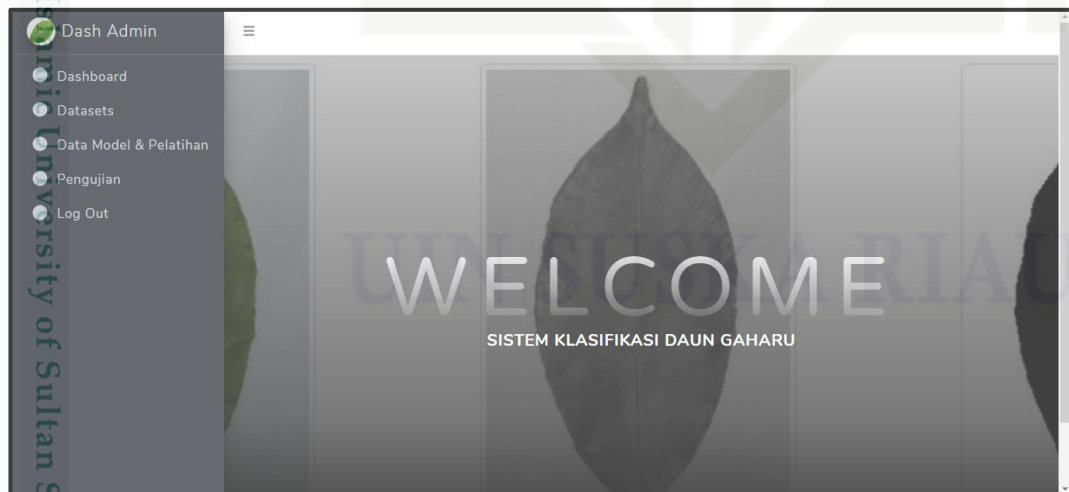
Halaman *login* ini digunakan oleh pengguna yang memiliki akses. Terdapat dua pengguna pada sistem ini yaitu admin dan *user*. Admin memiliki akses untuk masuk ke halaman *dashboard* untuk pengelolaan sistem melalui halaman login ini, sedangkan *user* tidak memiliki akses untuk itu.



Gambar C.1 Halaman Login

#### C.2 Halaman Dashboard

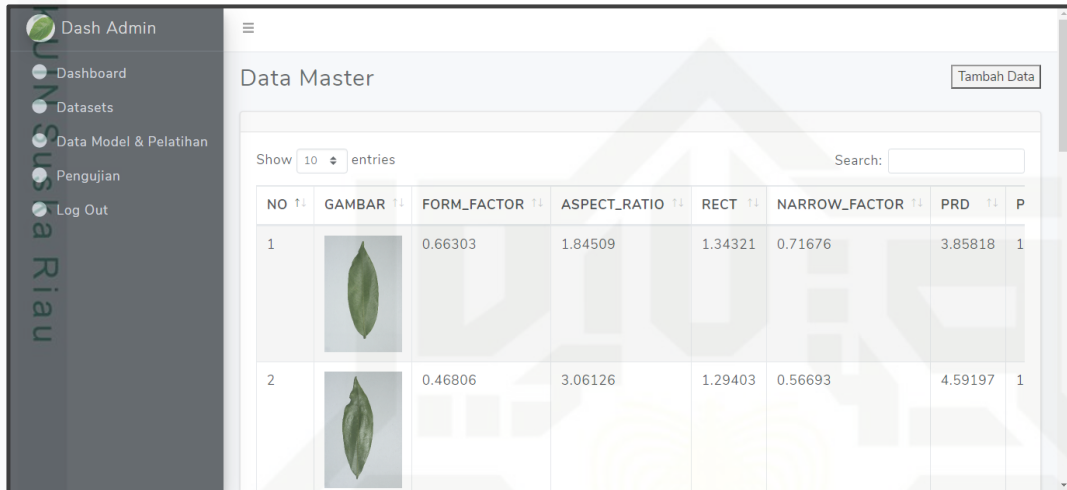
Halaman *dashboard* adalah tampilan awal yang dilihat oleh admin setelah berhasil *login*. Halaman ini hanya menampilkan teks selamat datang.





Gambar C.2 Halaman Dashboard

### C.3 Halaman Datasets

Halaman datasets ini menampilkan data citra yang telah diekstraksi. Halaman ini hanya dapat diakses oleh admin. Pada halaman ini admin dapat mengetahui nilai fitur dan kelas data dari setiap citra yang telah diekstraksi. Admin dapat menghapus data citra yang diinginkan.

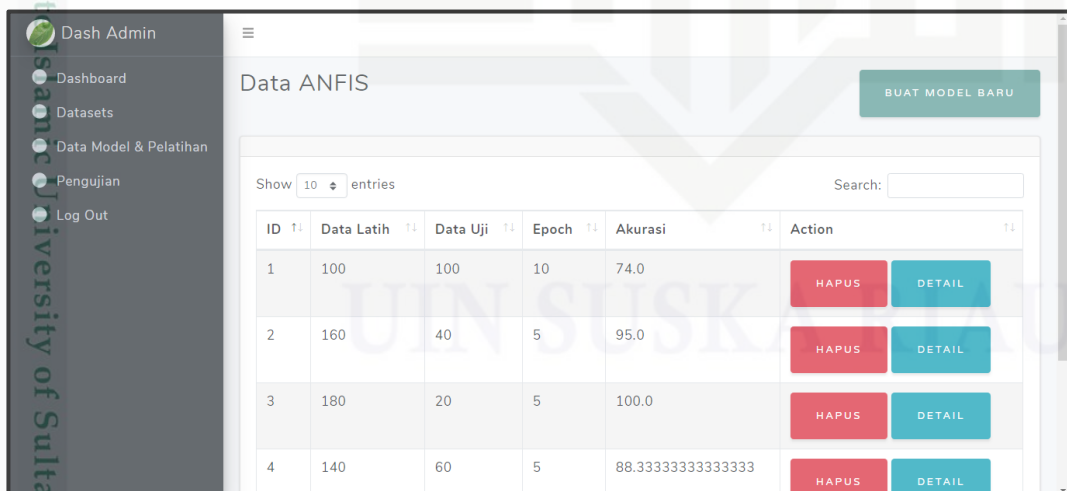


NO	GAMBAR	FORM_FACTOR	ASPECT_RATIO	RECT	NARROW_FACTOR	PRD	P
1		0.66303	1.84509	1.34321	0.71676	3.85818	1
2		0.46806	3.06126	1.29403	0.56693	4.59197	1

Gambar C.3 Halaman Datasets

### C.4 Halaman Data Model

Halaman Model berfungsi untuk menampilkan tabel model yang telah dilatih berserta akurasi. Halaman ini menunjukkan agar data model mana yang akan baik dan tepat untuk dilakukan pengujian.

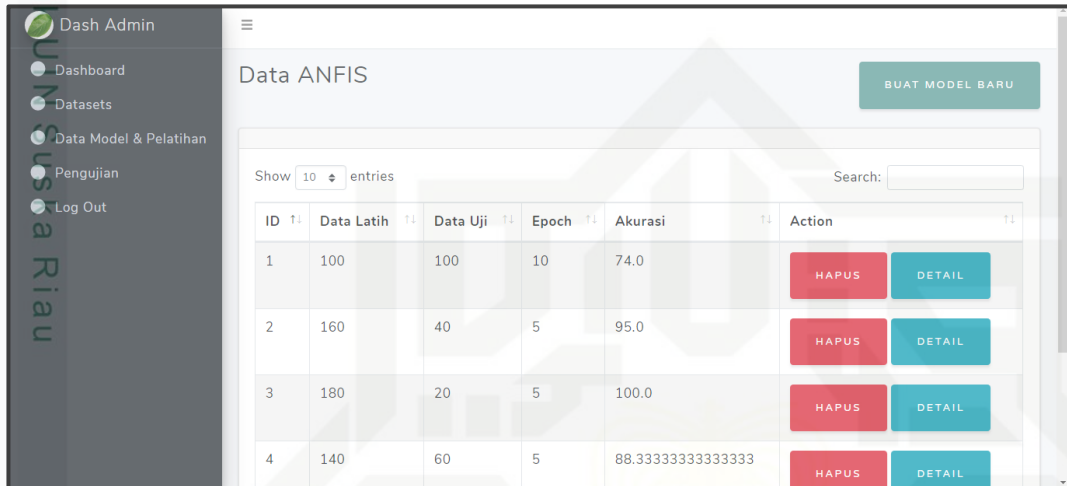


ID	Data Latih	Data Uji	Epoch	Akurasi	Action
1	100	100	10	74.0	HAPUS DETAIL
2	160	40	5	95.0	HAPUS DETAIL
3	180	20	5	100.0	HAPUS DETAIL
4	140	60	5	88.33333333333333	HAPUS DETAIL

Gambar C.4 Halaman Data Model

## C.5 Halaman Pelatihan

Halaman pelatihan berfungsi untuk memproses data yang telah diekstraksi untuk dilatih. Pada halaman ini admin dapat memasukan jumlah epoch yang diinginkan. Pada saat pelatihan selesai, halaman ini akan menampilkan akurasi data, data latih yang digunakan dan data uji .dengan kelas yang sesuai atau tidak.

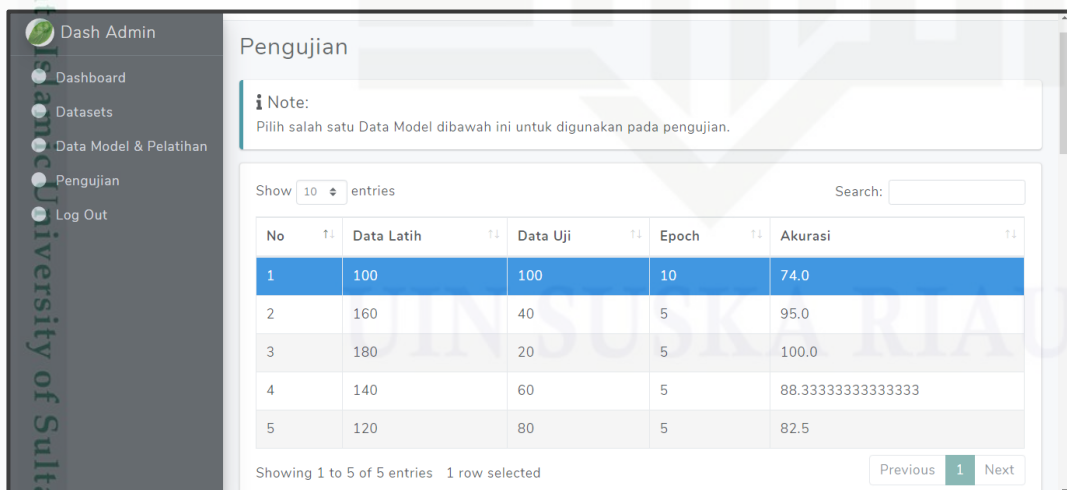


ID	Data Latih	Data Uji	Epoch	Akurasi	Action
1	100	100	10	74.0	HAPUS DETAIL
2	160	40	5	95.0	HAPUS DETAIL
3	180	20	5	100.0	HAPUS DETAIL
4	140	60	5	88.33333333333333	HAPUS DETAIL

Gambar C.5 Halaman Pelatihan

## C.6 Halaman Pengujian

Halaman pengujian ini menampilkan data model yang telah dilakukan pada halaman pelatihan. Pada bagian ini admin memilih salah satu data model untuk diujikan.

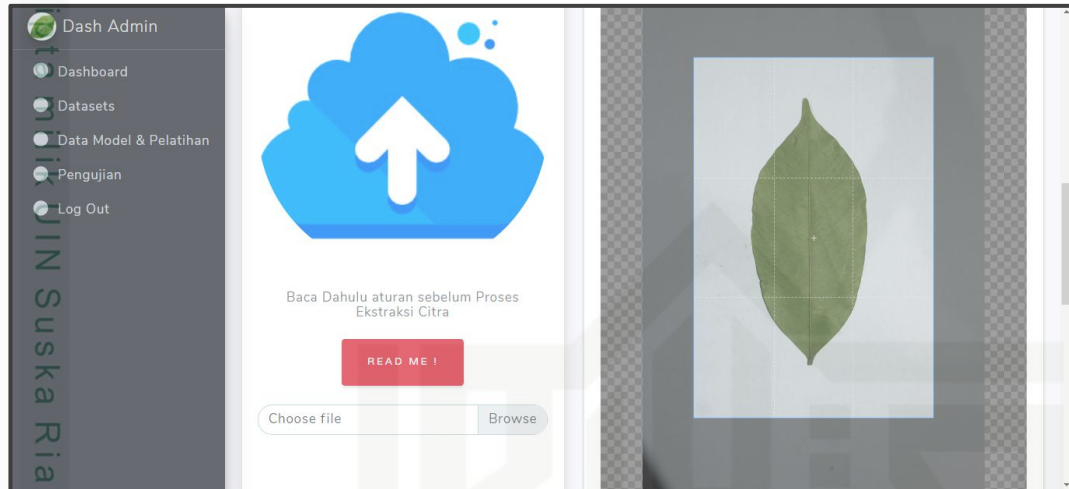


No	Data Latih	Data Uji	Epoch	Akurasi
1	100	100	10	74.0
2	160	40	5	95.0
3	180	20	5	100.0
4	140	60	5	88.33333333333333
5	120	80	5	82.5

Gambar C.6.1 Halaman Pengujian memilih Data Model

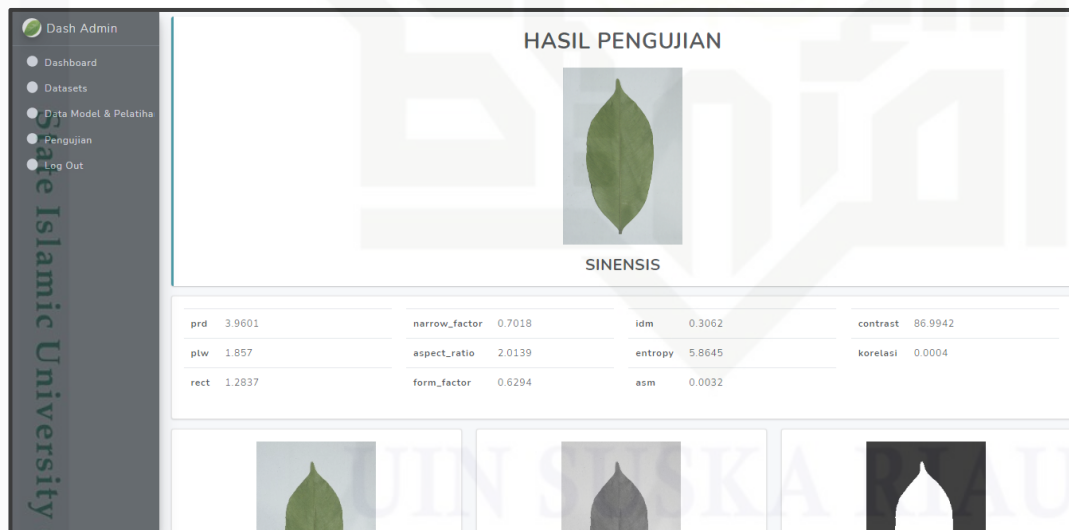


Setelah memilih data model yang akan diujikan, admin memilih data citra daun yang telah difoto sesuai aturan foto pada sistem klasifikasi daun gaharu.



**Gambar C.6.2 Halaman Pengujian memilih Citra Daun**

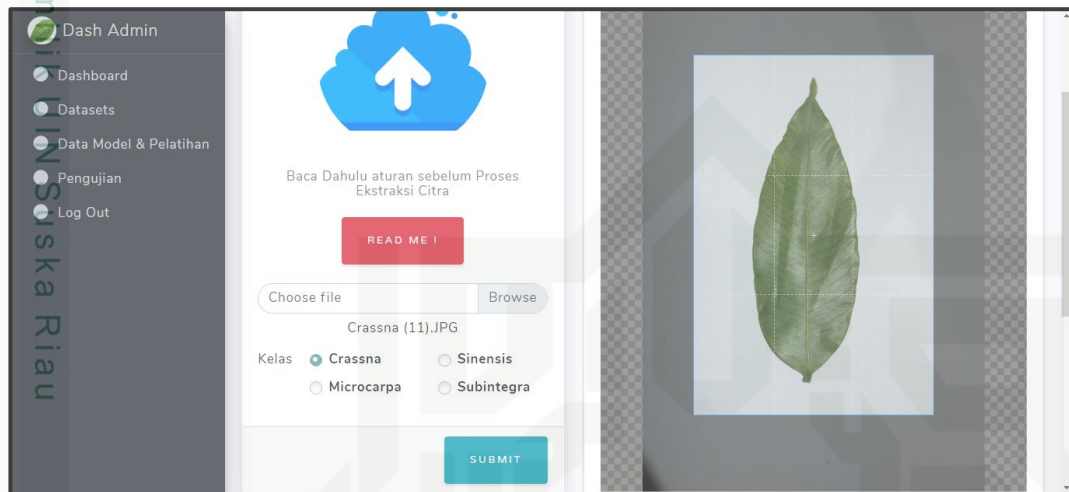
Citra daun yang telah dipilih akan diuji dengan menekan tombol mulai pengujian. Setelah proses pengujian selesai, sistem akan menampilkan hasil pengujian yaitu kelas daun gaharu dan nilai fitur dari daun tersebut beserta bentuk konversi citranya.



**Gambar C.6.3 Halaman Pengujian menampilkan Hasil Pengujian**

## C.7 Halaman Unggah Citra

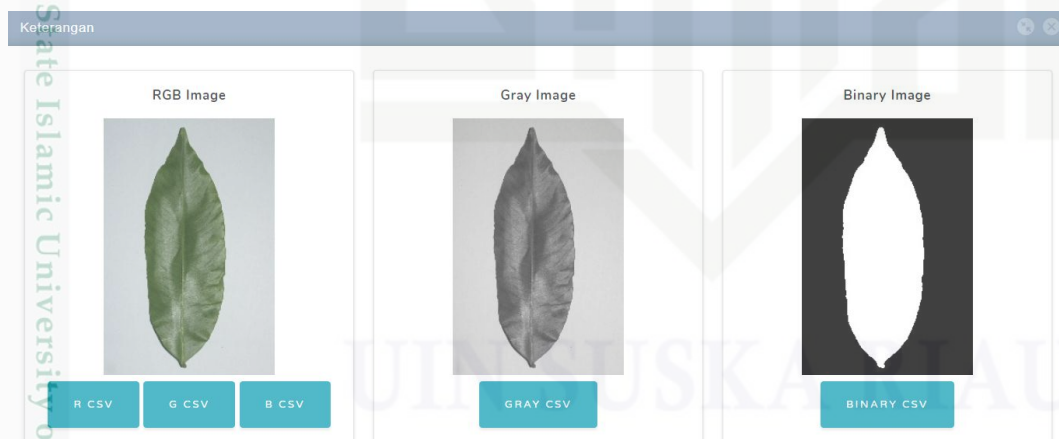
Halaman unggah citra hanya dapat diakses oleh admin setelah *login* terlebih dahulu. Sistem akan memproses citra daun yang dipilih dan disesuaikan kelasnya untuk mengekstraksi citra dan juga menyimpan nilai fiturnya.



Gambar C.7 Halaman Unggah Citra

## C.8 Halaman Unduh Citra

Halaman ini adalah halaman yang menampilkan bentuk citra yang telah dikonversikan menjadi Citra RGB, *Grayscale* dan Biner. Masing-masing nilai citra yang telah dikonversikan dapat diunduh dalam bentuk format .csv.



Gambar C.8 Halaman Unduh Citra



## Informasi Personal



Nama : Aditya Pam Budhi  
 Tempat Tanggal Lahir : Kubu Gadang Taeh, 02 Juni 1996  
 Jenis Kelamin : Laki-laki  
 Tinggi Badan : 170 cm  
 Berat Badan : 80 kg  
 Anak Ke : 1 dari 3 bersaudara  
 Kebangsaan : Indonesia  
 Agama : Islam

## Alamat

Sekarang : Jalan Bunga Harum – Garuda Sakti Km.2 No.63 Panam Pekanbaru  
 No. Hp : 0852 6322 0829  
 Email : [aditya.pam.budhi@students.uin-suska.ac.id](mailto:aditya.pam.budhi@students.uin-suska.ac.id)

## Riwayat Pendidikan

Tahun 2003 – 2008 : SDN 026 Pekanbaru  
 Tahun 2008 – 2011 : SMPN 8 Pekanbaru  
 Tahun 2011 – 2014 : SMKN 2 Pekanbaru  
 Tahun 2014 – 2021 : S1 Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.